



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl.³: H 02 H
H 02 H

3/07
7/26

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



PATENTSCHRIFT A5

620 795

(21) Gesuchsnummer: 10431/77

(22) Anmeldungsdatum: 26.08.1977

(30) Priorität(en): 22.09.1976 AT 7019/76

(24) Patent erteilt: 15.12.1980

(45) Patentschrift
veröffentlicht: 15.12.1980

(73) Inhaber:
Oesterreichische AEG-Telefunken Gesellschaft
m.b.H., Wien 21 (AT)

(72) Erfinder:
Dr. Dipl.-Ing. Guido Zbiral, Klosterneuburg (AT)

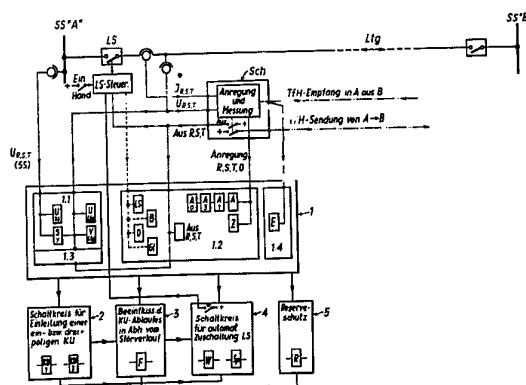
(74) Vertreter:
Ernst Goldiger, Lausanne

(54) Netz-Schutzeinrichtung mit automatischer Wiederzuschaltung der Leistungsschalter in gestörten Hochspannungsfreileitungen in sternpunktgeerdeten Höchstspannungsnetzen.

(57) Diese Netz-Schutzeinrichtung für sternpunktgeerdete Höchstspannungsnetze, die mit an den Leitungsenden dem jeweiligen Abzweig zugeordneten oder für alle Abzweige einer oder auch mehrerer Stationen gemeinsamen Leitungsschutzeinrichtungen (Sch) ausgestattet sind, welche auf Grund erkannter Störungskriterien eine Abschaltung der Leistungsschalter (LS) veranlassen, weist zusätzlich zu jeder Leitungsschutzeinrichtung (Sch) oder für alle Leitungsschutzeinrichtungen gemeinsam eine logische Verknüpfungsschaltung auf. Diese Verknüpfungsschaltung weist Schaltkreise (1) für die Betriebs- und Fehlerzustandserkennung, Datensammlung und -erkennung, einen Schaltkreis (2) zur Einleitung einer ein- bzw. dreipoligen Kurzunterbrechung, einen Schaltkreis (3) für die Beeinflussung des Ablaufes von Störungsgeschehen und einen an sich bekannten Schaltkreis (4) für die automatische Wiederzuschaltung der Leistungsschalter (LS) auf. Eine Reserveschutzschaltung (5) ist zusätzlich für das Auslösen der Leistungsschalter bei Auftreten eines Schutzversagens vorgesehen.

Mit dieser Netz-Schutzeinrichtung wird einerseits der Verlauf jeder Leistungsstörung unverzüglich kontrolliert und bei abnormalem Verlauf wird derart eingeschritten, dass das Störungsausmass auf ein Minimum begrenzt ist; andererseits bleibt eine durch einen Fehler erzwungene Leitungsabschaltung nur solange bestehen, als diese zum

Erlöschen des Fehlers unbedingt erforderlich ist, damit der benötigte Transportweg nach kürzest möglicher Unterbrechung wieder verfügbar ist. Bei Versagen des Leitungsschutzes bewirkt die Reserveschutzschaltung die rechtzeitige Auslösung der Leistungsschalter und vermeidet schwerwiegende Störungsfolgen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Netz-Schutzeinrichtung mit automatischer Wiederzuschaltung der Leistungsschalter von gestörten Hochspannungsfreileitungen in sternpunktgeerdeten Höchstspannungsnetzen, die mit an den Leitungsenden dem jeweiligen Abzweig zugeordneten oder für alle Abzweige einer oder auch mehrerer Stationen gemeinsamen Leitungsschutzeinrichtungen ausgestattet sind, welche auf Grund erkannter Störungskriterien eine Abschaltung der Leistungsschalter veranlassen, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu jeder Leitungsschutzeinrichtung oder für alle Leitungsschutzeinrichtungen gemeinsam eine logische Verknüpfungsschaltung vorgesehen ist, welche Schaltkreise (1) für die Betriebs- und Fehlerzustandserkennung, Datensammlung und -erkennung, einen Schaltkreis (2) zur Einleitung einer ein- bzw. dreipoligen Kurzunterbrechung, einen Schaltkreis (3) für die Beeinflussung des Ablaufes der Kurzunterbrechung in Abhängigkeit vom Störungsgeschehen und einen Schaltkreis (4) für die automatische Wiederschaltung der Leistungsschalter aufweist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltkreise für die Betriebs- und Fehlerzustandserkennung (1) einen Wechselspannungsmessteil (1.1.), bestehend aus einem Relais (U_{SS}) zur Feststellung der gesunden Höhe der Sammelschienenspannung, einem Relais (U_{Lig}) für die Feststellung der gesunden Höhe der Leitungsspannung, einem Relais (V_{Lig}) für die Feststellung der Spannungslosigkeit der Leitung und einem Relais (Sy) zur Feststellung einer Differenzspannung zwischen Leitungs- und Sammelschienenspannung und eine Überwachungsschaltung der Schutz- und Leistungsschalterfunktionen, bestehend aus Anregerrelais (A, A1, A3, A0, Z), die je bei einer bestimmten Schutzanregung ansprechen, sowie aus den Zustand der Leistungsschalter und deren Steuerung meldenden Relais ($AUS_{R, S, T, LS, B, D}$ und GL) aufweisen, und dass ein Messzusatz (1.3) für einpolige Kurzunterbrechung zur Feststellung einer Phasenseil-Erde-Restspannung und eine Schaltung (1.4) mit einem das Eintreffen eines Informationsimpulses aus der Gegenstation feststellenden Relais (E) vorgesehen sind (Fig. 5).

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaltkreis (2) für die Einleitung einer einpoligen bzw. dreipoligen Kurzunterbrechung zwei Relais (KU1, KU3) aufweist, die bei Vorliegen von entsprechenden Anrege- und Auslösekriterien erregt werden und eine dem jeweiligen Störungsgeschehen angepasste Kurzunterbrechung einleiten (Fig. 6).

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaltkreis (3) für die Beeinflussung des Ablaufes der Kurzunterbrechung in Abhängigkeit vom Störungsgeschehen ein Relais (F) aufweist, dessen Anregung durch vom Störungsverlauf abhängige Kriterien in vorbestimmbarer Weise erfolgt und dessen Ansprechen die Relais (KU1, KU3) für die Einleitung einer einpoligen bzw. dreipoligen Kurzunterbrechung und den Wiederschaltkreis ebenfalls in vorbestimmbarer Weise beeinflusst (Fig. 7).

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaltkreis (4) für die automatische Wiederschaltung der Leistungsschalter ein das Wiederschaltkommando auslösendes Relais (W) aufweist, welches nach Ablauf einer ein- oder dreipoligen Kurzunterbrechung bei Vorliegen je vorbestimmter Bedingungen erregt wird (Fig. 8).

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine Reserveschutzschaltung (5) für das Auslösen des Leistungsschalters bei Auftreten eines Schutzversagens.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Reserveschutzschaltung (5) ein Relais (R) aufweist, das entweder bei Eintreffen eines Signals (e) aus der Gegenstation, oder wenn eine Kurzunterbrechung eingeleitet wurde, abhän-

gig von einer Schutzanregung (a) und von Aus-Kommandos anspricht und den Leistungsschalter auslöst (Fig. 9).

Die Erfindung betrifft eine Netz-Schutzeinrichtung mit automatischer Wiederschaltung der Leistungsschalter von gestörten Hochspannungsfreileitungen in sternpunktgeerdeten Höchstspannungsnetzen, die mit an den Leitungsenden dem jeweiligen Abzweig zugeordneten oder für alle Abzweige einer oder auch mehrerer Stationen gemeinsamen Leitungsschutzeinrichtungen ausgestattet sind, welche auf Grund erkannter Störungskriterien eine Abschaltung der Leistungsschalter veranlassen.

Bei Freileitungs-Hochspannungsnetzen, die mit geerdetem Transformatorsternpunkt betrieben werden, ist es weltweit üblich, nach kurzschlussbedingter Auslösung der Leistungsschalter einer Leitung in der Regel nach sehr kurzer Zeit (eini-ger Zehntelsekunden bis etwa 2 bis 5 Sekunden) eine automatische Wiederschaltung der ausgelösten Leistungsschalter vorzunehmen. Für die sehr schnelle automatische Wiederschaltung wird allgemein der Ausdruck «Kurzunterbrechung (KU)» verwendet.

Je nachdem ob ein, drei oder in Sonderfällen nur zwei Leistungsschalterpole durch den Leitungsschutz ausgelöst werden, was von der Art des Fehlers und der gewählten Leistungsschalter-Steuerung abhängt, wird durch eine Wiedereinschaltautomatik (KU-Automatik) eine einpolige, dreipolige oder in Sonderfällen auch eine zweipolige KU eingeleitet und nach Ablauf einer einstellbaren Zeit (konstante KU-Pausenzeit) das Wiedereinschaltkommando an den Leistungsschalter erteilt.

Jede KU bzw. automatische Wiederschaltung stellt genauso wie die händische Nachschaltung einer ausgefallenen Leitung einen Versuch dar, eine infolge eines Kurzschlusses abgeschaltete Leitung so rasch wie möglich wieder in Betrieb zu nehmen. Dieser Versuch bleibt immer mit einem gewissen Risiko verbunden, da man sich von der tatsächlichen Fehlerfreiheit der Leitung innerhalb so kurzer Zeit nicht überzeugen kann und daher immer die Möglichkeit einer Wiederschaltung auf ein noch vorhandenes Leitungsgebrechen (bleibender Leitungsfehler) besteht.

Der Hauptgedanke der Erfindung liegt darin, durch Auswertung von meist ohnehin vorhandenen Informationen aus der eigenen Station sowie gegebenenfalls auch aus der Gegenstation die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit einer schnellen automatischen Wiederschaltung zu erkennen und davon die Entscheidung abhängig zu machen, ob eine automatische Wiederschaltung überhaupt erfolgen soll bzw. ob der Zeitpunkt der automatischen Wiederschaltung verschoben werden soll (veränderliche KU-Pausenzeit, vom Störungsgeschehen abhängig). Die gleichen Informationen können bei abnormalem Störungsverlauf oder gestörten Schutzfunktionen auch zur Beeinflussung des Störungsgeschehens herangezogen werden, indem die Automatik selbst erforderlichenfalls eine Auslösung des zugeordneten Leistungsschalters veranlassen kann (zum Beispiel Schalterpolnachholung, Übergang von einpoliger KU auf dreipolige KU, Reserveschutzauslösung bei Versagen des Leitungsschutzes usw.).

Man kann die Erfindungsaufgabe in technisch-chronologischer Reihenfolge auch wie folgt formulieren: Durch geeignete Massnahmen soll erreicht werden, dass einerseits der Verlauf jeder Leitungsstörung unverzüglich kontrolliert wird und bei abnormalem Verlauf derart eingeschritten wird, dass das Störungsausmass auf ein Minimum begrenzt wird; andererseits soll eine durch einen Fehler erzwungene Leitungsabschaltung nur so lange bestehen, als zum Erlöschen des Fehlers unbedingt

erforderlich, damit der benötigte Transportweg nach einer möglichst kurzen Unterbrechung wieder verfügbar ist; die Wiederschaltung selbst soll jedoch so risikoarm wie nur möglich erfolgen, da eine neuerliche Netzstörung den Netzbetrieb beträchtlich gefährden kann.

Zusammenfassend ist somit die auf vorstehend ausgeführter Erfindungsaufgabe bzw. dem Erfindungsgedanken basierende Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass bei der genannten Einrichtung zur automatischen Wiederschaltung der Leistungsschalter von gestörten Hochspannungsfreileitungen vorgesehen ist, dass zusätzlich zu jeder Leitungsschutzeinrichtung oder für alle Leitungsschutzeinrichtungen gemeinsam eine logische Verknüpfungsschaltung vorgesehen ist, welche Schaltkreise für die Betriebs- und Fehlerzustandserkennung, Datensammlung und -erkennung, einen an sich bekannten Schaltkreis zur Einleitung einer ein- bzw. dreipoligen Kurzunterbrechung, einen Schaltkreis für die Beeinflussung des Ablaufes der Kurzunterbrechung in Abhängigkeit vom Störungsgeschehen und einen an sich bekannten Schaltkreis für die automatische Wiederschaltung der Leistungsschalter aufweist.

Durch Auswertung der angeführten Informationen soll einerseits die Dauer der Leitungsunterbrechung so kurz wie möglich gehalten werden, andererseits soll die Wiederschaltung so sicher wie möglich erfolgen (Verminderung des Risikos wegen der Möglichkeit der Wiederschaltung auf eine bleibend gestörte Leitung). In bestimmten Fällen sind sehr schwerwiegende Störungsfolgen vermeidbar, indem gemäss einer Weiterentwicklung der Leistungsschalter durch eine Reserve-schutzfunktion noch gerade rechtzeitig abgeschaltet wird.

Bei der praktischen Ausführung der Erfindung wird die logische Schaltung zur Informationsdarstellung elektromechanische und/oder elektronische Relais bzw. Bauelemente aufweisen, und die logische Verknüpfung wird mittels der Öffner und Schliesser der entsprechenden Relais oder auch mittels eines dem jeweiligen Abzweig zugeordneten oder für alle Abzweige einer oder auch mehrerer Stationen gemeinsamen Rechners erfolgen.

Ohne die vorgesehene Informationseingabe in die erstgenannten erkennenden Schaltkreise kann weder der Betriebszustand des Netzes festgestellt, noch eine bestimmte Fehlersituation erkannt werden. Diese Erkennung ist notwendig, um die gewünschten Effekte zu erreichen. Die Informationen selbst sind nicht neu und grundsätzlich in allen Stationen vorhanden. Jedoch die Verknüpfungen dieser Informationen für die Verwirklichung einer sehr betriebssicheren Art der automatischen Wiederschaltung sind neu und kommen in den weiteren Schaltkreisen zur Wirkung.

Auch andere bekannte Einrichtungen haben einen Schaltkreis zur Einleitung einer KU. Das Besondere bei den erfindungsgemässen Netz-Schutzeinrichtungen (siehe Fig. 6) liegt jedoch in folgenden Punkten:

a) Die Wahl der KU-Art ist sowohl von der Art der Anregung (ein- bzw. mehrpolige mit bzw. ohne Erdberührung) als auch von der Art der Auslösekommandos (ein- oder mehrpolig) des Leitungsschutzes abhängig.

b) Die KU-Pausenzeit ist beeinflussbar, und zwar sowohl im Sinne einer Verkürzung als auch im Sinne einer Verlängerung, extrem kann die Wiederschaltung durch die Automatik vollständig unterbleiben (Definitivauslösung des Leistungsschalters). Die Verkürzung erfolgt in einer besonders sicheren Weise über das Relais H, die Verlängerung erfolgt über den Umschaltkontakt f des F-Relais.

In beiden Fällen ergibt sich resultierend eine vom Störungsgeschehen abhängige KU-Pausenzeit, welche den betrieblichen Bedürfnissen des Netzes am besten entspricht.

c) Eine begonnene einpolige KU kann bei Veränderungen im Störungsverlauf als dreipolige KU fortgesetzt werden, falls eine solche Aussicht auf Erfolg hat, andernfalls wird die KU

gesperrt.

Alle Kriterien, welche einen nicht der gewünschten Norm entsprechenden KU-Verlauf erkennen lassen, beeinflussen über das Relais F den Verlauf der KU. Die Beeinflussung des KU-Verlaufes erfolgt immer im Sinne einer grösseren Sicherheit für den Netzbetrieb bzw. im Sinne des kleineren Risikos.

Auch andere bekannte Verfahren müssen einen Schaltkreis 4 für die automatische Wiederschaltung des Leistungsschalters besitzen. Als Besonderheit kann bei einer Weiterausbildung der Erfindung jedoch angesehen werden:

a) die Programmierbarkeit des Wiederschaltkreises nach den örtlich unterschiedlichen, netzbetrieblichen Bedingungen, b) die Unterbrechbarkeit des Wiederschaltkreises, wie bereits bekannt, durch einen Öffner sy,

c) die Verknüpfung des Einschaltkreises mit einem Auslösekreis bei Wiederschaltung auf einen bleibenden Fehler (der eine Schutzanregung zur Folge hat), ohne jedoch bei einer harten Parallelschaltung und dabei erfolgter Schutzanregung eine unter Umständen unerwünschte Auslösung zu erreichen.

Bei Versagen des Leitungsschutzes ist bei Vorhandensein der Reserveschutzschaltung die Auslösung des Leistungsschalters und damit die Beseitigung einer Netzstörung in den meisten Fällen möglich. Diese Reserveschutzschaltung zeichnet sich durch ihre besondere Einfachheit und Zuverlässigkeit aus.

Eine Weiterentwicklung des Erfindungsgegenstandes lässt sich dadurch erreichen, dass die Schaltkreise für die Betriebs- und Fehlerzustandserkennung einen Wechselspannungsmess- teil, bestehend aus einem Relais zur Feststellung der gesunden Höhe der Sammelschienenspannung, einem Relais für die Fest- stellung der gesunden Höhe der Leitungsspannung, einem Relais für die Feststellung der Spannungslosigkeit der Leitung, und einem Relais zur Feststellung einer Differenzspannung zwischen Leitungs- und Sammelschienenspannung, und eine an sich bekannte Überwachungsschaltung der Schutz- und Lei- stungsschalterfunktionen, bestehend aus Anregerrelais, die je bei einer bestimmten Schutzanregung ansprechen sowie aus dem Zustand der Leistungsschalter und deren Steuerung mel- denden Relais aufweisen, und dass ein Messzusatz für einpolige Kurzunterbrechung zur Feststellung einer Phasenseil-Erde- Restspannung und eine Schaltung mit einem das Eintreffen eines Informationsimpulses aus der Gegenstation feststellen- den Relais vorgesehen sind.

Die vorstehend erwähnte Schaltung hat auch den Zweck, die Wiederschaltung bei einer einpoligen KU zu unterbin- den, wenn die vom Fehler betroffene Phase zum Beispiel wegen eines Isolatorbruches satte Erdberührung bekommen hat und eine eventuelle Wiederschaltung einen neuerlichen Kurzschluss und damit Netzgefährdung zur Folge hätte.

Die Schaltung vermittelt die wichtigsten Informationen über das Verhalten des Leitungsschutzes am gegenüber befind- lichen Leitungsende.

Weitere Ausführungsmöglichkeiten bestehen darin, dass der Schaltkreis für die Einleitung einer einpoligen bzw. dreipoligen Kurzunterbrechung zwei Relais aufweist, die bei Vorlie- gen von entsprechenden Anrege- und Auslösekriterien erregt werden und eine dem jeweiligen Störungsgeschehen angepass- te Kurzunterbrechung einleiten, ferner dass der Schaltkreis für die Beeinflussung des Ablaufes der Kurzunterbrechung in Abhängigkeit vom Störungsgeschehen ein Relais aufweist, des- sen Anregung durch vom Störungsverlauf abhängige Kriterien in vorbestimmbare Weise erfolgt und dessen Ansprechen die Relais für die Einleitung einer einpoligen bzw. dreipoligen Kurzunterbrechung und den Wiederschaltkreis ebenfalls in vorbestimmbare Weise beeinflusst, ferner dass der Schaltkreis für die automatische Wiederschaltung der Leistungsschalter ein das Wiederschaltkommando auslösendes Relais aufweist, welches nach Ablauf einer ein- oder dreipoligen Kurzunterbre- chung bei Vorliegen je vorbestimmter Bedingungen erregt

wird.

Schliesslich könnte man einer Reserveschutzschaltung für das Auslösen des Leistungsschalters bei Auftreten eines Schutzversagens vorsehen. Die Reserveschutzschaltung weist mit Vorteil ein Relais auf, das entweder bei Eintreffen eines Signales aus der Gegenstation oder wenn eine Kurzunterbrechung eingeleitet wurde abhängig von einer Schutzanregung und von Aus-Kommandos anspricht und den Leistungsschalter dreipolig auslöst.

Die genannten Schaltkreise bewirken, wie schon weiter oben ausgeführt, die Verknüpfungen der vorhandenen Informationen zur Verwirklichung der automatischen Wiedereinschaltung.

Die Erfindung wird an Hand der Zeichnungen näher beschrieben:

Fig. 1 zeigt, wie auf einer Leitung die KU-Pausenzeiten üblicherweise unterschiedlich (zeitlich gestaffelt) eingestellt werden, damit der Zuschaltvorgang (Wiederbespannung) und die Parallelschaltung nicht gleichzeitig erfolgen können.

Fig. 2 zeigt beispielhaft, welche Leitungsschutzfunktionen bei einem zweipoligen Erdkurzschluss (R-T) mit verteilten Fusspunkten auf beiden Leitungssystemen einer Doppelleitung bei ordnungsgemässer Arbeitsweise der Schutzeinrichtungen zu erwarten sind. Diese Leitungsschutzfunktionen stellen die Auswahlkriterien für die Art der Kurzunterbrechung (ein- oder dreipolig) dar.

Fig. 3 zeigt ein Beispiel, wie der Schutzbereich eines Leitungsschutzes im Höchstspannungsnetz mit Hilfe einer Signalverbindung (TfH) über die gesamte Leitungslänge (100% Z) erstreckt werden kann.

Fig. 4 gibt einen Überblick über den erforderlichen Informationsfluss vom Leitungsschutz und vom Hochspannungsschaltfeld der Leitung zur Wiedereinschaltautomatik, um die erfindungsgemässe automatische Wiedereinschaltung durchführen zu können.

Fig. 5 zeigt, wie der Informationsfluss gemäss Fig. 4 auf die einzelnen Funktionsblöcke der erfindungsgemässen Wiedereinschaltautomatik wirkt.

Fig. 6 zeigt den Schaltkreis für die Einleitung einer einpoligen bzw. dreipoligen KU.

Fig. 7 zeigt das Relais F zur Beeinflussung des KU-Ablaufes in Abhängigkeit vom Störungsgeschehen.

Fig. 8 zeigt den Schaltkreis für die automatische Wiedereinschaltung des Leistungsschalters (Verknüpfung der Wiedereinschaltbedingungen) sowie den Schaltkreis für die Anregeauslösung des Leistungsschalters bei Wiedereinschaltung auf eine fehlerbehaftete Leitung.

Fig. 9 zeigt den Reserveschutz-Zusatzkreis für eine dreipolige definitive Auslösung des Leistungsschalters.

Dem heutigen Stand der Technik entsprechen folgende Grundsätze bzw. Verfahren:

Die Unterbrechungszeit bei einpoliger KU hat einen bestimmten (einstellbaren) Wert, die Unterbrechungszeit bei dreipoliger KU hat einen anderen bestimmten (einstellbaren) Wert.

Falls eine KU unselektiv erfolgt und nach vollzogener Fehlerabschaltung sofort aus der Gegenstation gesunde Spannung am offenen Leitungsende (bzw. an der offenen Phase) ansteht, wird sofort wieder zugeschaltet, was eine stark verkürzte KU-Pausenzeit ergibt.

Im Falle einer dreipoligen KU wird die Parallelschaltung in der Regel nur nach vorangegangener grober Synchronkontrolle (Synchro-check) zugelassen.

Bei Handeinschaltung auf einen bestehenden Fehler, in der Regel auch nach automatischer Wiedereinschaltung auf einen noch bestehenden Fehler, erfolgt keine neuerliche KU, die Auslösung ist vielmehr dreipolig und definitiv.

Um auf einen bleibenden Leitungsfehler nur von einer Seite

und nicht beidseitig zuzuschalten, wird gelegentlich an den beiden Leitungsenden eine gestaffelte KU-Pausenzeit gemäss Fig. 1 angewendet. In der Station A wird zum Beispiel der Leistungsschalter nach einer KU-Pausenzeit von 0,7 s wieder zugeschaltet und eine Spannung nach B vorgegeben. In B wird nach einer KU-Pausenzeit von 1,2 s nur dann parallelgeschaltet, wenn eine gesunde Spannung aus A am offenen Leistungsschalter ansteht (Abfrage eines Spannungskriteriums). Schaltet A auf einen noch bestehenden Leitungsfehler zu, dann wird keine Spannung nach B vorgegeben, da der Leistungsschalter in A nun sofort dreipolig und definitiv abgeschaltet wird. Die Wiedereinschaltung (Parallelschaltung) in B unterbleibt, da das erforderliche Spannungskriterium nicht erfüllt ist. Diese Betriebsweise setzt voraus, dass

a) die erste Zuschaltung (Spannungsvorgabe) immer von A erfolgt und die Parallelschaltung nur von B. Eine Umkehr in der Reihenfolge ist nicht ohne weiteres möglich (Änderung der KU-Pausenzeiten, Verlegung des Spannungskriteriums von B nach A).

b) Es muss durch ein entsprechendes Leitungsschutzkonzept sichergestellt sein, dass jeder Fehler an jeder beliebigen Stelle der Leitung mit Schnellzeit abgeschaltet wird, andernfalls ein Fehler in der Nähe von B vom Leitungsschutz in A nicht mehr mit Schnellzeit erfasst werden könnte. Nach einer Reservezeitauslösung soll jedoch grundsätzlich keine automatische Bespannung der Leitung erfolgen, das heisst alle Leitungsfehler, welche in den letzten 20% der Leitung (von A gesehen) liegen, könnten demnach wegen der Reservezeitauslösung zu keiner Kurzunterbrechung führen. Die Wahl der KU-Art (einpolige KU oder dreipolige KU) wird entweder nur von der Anregung des Leitungsschutzes (einphasige Anregung oder mehrphasige Anregung) oder nur von der Anzahl der Aus-Kommandos (einphasiges oder mehrphasiges Aus-Kommando) abhängig gemacht. Dies kann nachteilige Auswirkungen zur Folge haben, wie an Hand der nachstehenden Beispiele erläutert wird:

Einpoliger Kurzschluss auf beiden Systemen einer Doppelleitung (Fig. 2):

Sind bei einer Doppelleitung beide Leitungssysteme in je einer anderen Phase fehlerbehaftet (zum Beispiel System I in Phase R, System II in Phase T), dann wird im vermaschten Netz bei beidseitiger Einspeisung auf die Fehlerstelle der Schutz beider Leitungssysteme sowohl in A als auch in B in beiden fehlerbehafteten Phasen anregen. Wird die Art der KU von der Anregung bestimmt, dann werden beide Leitungssysteme sowohl in A als auch in B eine dreipolige KU einleiten (kurzzeitiger Ausfall einer Doppelleitung), obwohl beim System I eine einpolige KU in Phase R, bei System II eine einpolige KU in Phase T voll ausreicht wäre und damit zwischen A und B ein ungestörtes dreiphasiges Übertragungssystem erhalten bliebe (Phase S und Phase T bei System I, Phase R und Phase S bei System II). Falls aus netzbetrieblichen Gründen nur die einpolige KU angewendet werden darf, kommt es unnötigerweise zur dreipoligen Definitivabschaltung der Doppelleitung. Wird hingegen die Art der KU von den selektiv erteilten Auslösekommandos bestimmt, dann kann, wie erwünscht, der Fehler auf jedem Leitungssystem durch je ein einpolige KU beseitigt werden.

Zweipolig isolierter Kurzschluss:

Bei einem zweipoligen Phasenkurzschluss (ohne Erdberührung) auf einem Leitungssystem wird bei Verwendung eines bestimmten Leitungsschutzes nur ein Aus-Kommando erteilt. Zur erfolgreichen Abschaltung eines derartigen Fehlers genügt die kurzzeitige Abschaltung einer der beiden kurzgeschlossenen Phasen. Wird die Art der KU von der Anregung bestimmt, dann wird entweder eine dreipolige KU eingeleitet oder, falls diese nicht vorgesehen ist, erfolgt eine dreipolige Definitivab-

schaltung. Wird die Art der KU vom Auslösekommando bestimmt, dann wird eine einpolige KU (wie erwünscht) ausgeführt.

Zweipoliger Erdkurzschluss:

Bei einem zweipoligen Erdkurzschluss auf einem Leitungssystem kann auf Grund unterschiedlicher Fehlerwiderstände in den beiden fehlerbehafteten Phasen das eine Auslösekommando etwas später als das andere Auslösekommando erteilt werden. Wird die Art der KU von den Auslösekommandos bestimmt, dann wird das erste Auslösekommando zunächst eine einpolige KU einleiten, obwohl ein zweipoliger Erdkurzschluss auf der Leitung besteht. Das etwas verspätet abgegebene Auslösekommando kann nun zu folgenden Fehlfunktionen führen:

a) Definitivauslösung des Leistungsschalters an Stelle der erwünschten dreipoligen KU (wenn eine einpolige KU bereits eingeleitet wurde, kann nicht gleichzeitig auch eine dreipolige KU ausgeführt werden).

b) Falls die dreipolige KU netzbetrieblich nicht zulässig ist, kann ungewollt aus der eingeleiteten einpoligen KU eine dreipolige KU werden (Möglichkeit einer Fehlfunktion).

Diese Beispiele zeigen, dass die Art der KU weder von der Anregung des Leitungsschutzes allein, noch von den Auslösekommandos des Leitungsschutzes allein abgeleitet werden soll, sondern durch eine Kombination von Anrege- und Auslösekriterien.

Zur Vervollständigung des Standes der Technik kann noch die DE-OS 2 055 144 erwähnt werden, welche eine Auswerteinrichtung für die Abschaltung eines durch mehrere Schutzeinrichtungen geschützten Gerätes, wie Generatoren, Transformatoren und andere Baueinheiten betrifft. Die Aufgabe der in dieser Schrift beschriebenen Erfindung ist es, die Sicherheit gegen Fehlauslösungen dieser Schutzeinrichtungen und gegen versehentliches Nichtansprechen bei einem Fehler unter Verwendung der an sich bekannten Zwei-aus-drei-Auswahl zu erhöhen. Zu diesem Zwecke ist vorgeschlagen, der Auslöse- spule jedes Leistungsschalters eine Verknüpfungsschaltung mit drei an mindestens je eine Schutzeinrichtung angeschlossenen Eingängen in bestimmter Weise vorzuschalten. Problemstellung und Lösung beziehen sich ausschliesslich auf die Abschaltung elektrischer Geräte; die in der genannten DE-Offenlegungsschrift beschriebene Erfindung ist jedoch nicht imstande, bei einer Kurzunterbrechung in Höchstspannungsleitungssystemen die vorliegend erörterten Wirkungen auszuüben.

Schutzkonzept gemäss der Erfindung:

In Höchstspannungsnetzen wird allgemein gefordert, dass jeder Leitungskurzschluss mit kürzest möglicher Zeit (Schnellzeit, das heisst Relaiszeit ohne beabsichtigte zusätzliche Zeitverzögerung) abgeschaltet wird. Eine weitere Forderung ist die nach unbedingter Wahrung der Selektivität. Beide Forderungen zusammen können nur dann eingehalten werden, wenn die Schutzeinrichtungen jeder Leitung mit einer Signalverbindung (Wirkverbindung, über Kabel, Richtfunk oder TtH usw.) ausgestattet sind. Erkennt im Fehlerfall der Leitungsschutz zum Beispiel in der Station A (Fig. 3) auf Auslösung, dann sendet er ein kurzes Signal (TtH) von A nach B und B empfängt dieses Signal aus A. (Der gleiche Vorgang wird auch vom Schutz in der Station B veranlasst, wenn dieser im Fehlerfall auf Auslösung erkennt.) Das Empfangssignal aus der Gegenstation A ist in B für Zwecke der ordnungsgemässen Schutzfunktion unbedingt notwendig und hat die Bedeutung: Die Schutzeinrichtungen der betrachteten Leitung in A haben bei dem gerade bestehenden Fehler auf Auslösung erkannt. Damit auch der Schutz in B bei einem Fehler in der Nähe von A noch mit Schnellzeit auslösen kann, soll der Messbereich (die Schnellzeitstufe) von üblicherweise 80 bis 85% der Leitungslänge auf z.B. 120% der Leitungslänge (über die Gegenstation hinaus)

verlängert werden.

Für die Durchführung der erfindungsgemässen Aufgabe stehen demnach zusammenfassend folgende Informationen zur Verfügung (Fig. 4).

5 a) Vom Leitungsschutz Sch der eigenen Station: Anregung in den Phasen R, S, T, O; Auslösekommando Aus R, Aus S, Aus T; Zeitpunkt des Zurückfallens der Anregungen und der Auskommandos.

10 Mit diesen «Echtzeit-Informationen» erfolgt die Feststellung der Störungsart und des Störungsverlaufes.

b) Messwerte und Zustandsmeldungen aus der eigenen Station: Spannung an der Sammelschiene SS innerhalb eines bestimmten Grenzwertes vorhanden oder nicht vorhanden. Leistungsschalter LS in Stellung Ein oder Aus. Leistungsschalter LS für Durchführung einer Kurzunterbrechung bereit oder nicht bereit. Erteilung eines betriebsmässigen Steuerbefehls an den Leistungsschalter, Kommando Leistungsschalter Ein oder Kommando Leistungsschalter Aus oder kein Leistungsschalter-Steuerkommando anstehend.

20 Erteilung des Kommandos: Leistungsschalter-Polnachholung (Gleichlaufsteuerung), Spannungswandlerautomat SWA in Stellung Ein oder Aus. Betriebsweise des Leitungsschutzfeldes mit KU oder ohne KU.

25 Signalverbindung TtH zur Gegenstation betriebsbereit oder gestört.

c) Aus der Gegenstation über TtH:

30 Zeitpunkt der Erteilung eines Schutzauslösekommandos (Eintreffen eines Empfangsimpulses. Da die Laufzeit des Signals bekannt ist, ist somit auch der Zeitpunkt der Erteilung des Auslösebefehles exakt bekannt). Leistungsschalter in der Gegenstation hat ordnungsgemäss abgeschaltet (das Empfangssignal überschreitet nicht eine bestimmte Zeitdauer). Leistungsschalter in der Gegenstation hat nicht ordnungsgemäss abgeschaltet (das Empfangssignal überschreitet eine bestimmte Zeitdauer).

35 Leistungsschalter in der Gegenstation hat neuerlich auf Kurzschluss zugeschaltet, der Schutz erteilt ein zweites definitives Auslösekommando an den Leistungsschalter (Eintreffen eines 2. Empfangsimpulses).

40 Der Schutz in der Gegenstation hat überhaupt kein Auslösekommando erteilt (es trifft kein Empfangsimpuls ein). Signalverbindung oder Schutzeinrichtung gestört (Eintreffen kurzer Nadelimpulse, undefinierter Impulse oder eines Dauersignales).

45 Bei bereits geöffnetem Leistungsschalter in der eigenen Station kann aus dem Spannungszustand der Leitung (Spannungsmessrelais, angeschlossen an den Leitungs-Spannungswandlern) eindeutig rückgeschlossen werden, ob der Leistungsschalter in der Gegenstation bereits ausgelöst hat oder noch auf den vorhandenen Leitungsfehler einspeist, welche Fehlerart besteht, welchen Verlauf der Fehler nimmt, ob die Gegenstation zum Beispiel infolge Rundherumabschaltung allmählich spannungslos wurde, ob und zu welchem Zeitpunkt die Gegenstation die spannungslose Leitung bespannt hat, ob die Wiederzuschaltung erfolgreich war oder nicht, wenn nein, auf welchen Fehler die Wiederzuschaltung erfolgte und wie lange dieser neuerliche Fehler bestand.

Fig. 4 zeigt skizzenhaft die für die Durchführung der erfindungsgemässen automatischen Wiederzuschaltung notwendigen Informationen.

50 Aus der Gesamtheit aller Informationen wird durch entsprechendes logische Verknüpfungen bestimmt, welche Art von Kurzunterbrechung einzuleiten ist, ob und zu welchem Zeitpunkt eine Wiederzuschaltung erfolgen soll oder ob diese zu unterbleiben hat, weiters ob eventuell eine Leistungsschalterauslösung veranlasst werden soll.

Eine einpolige KU wird eingeleitet bei

a) jedem einpoligen Erdkurzschluss, der mit Schnellzeit abgeschaltet wird (einphasige Anregung, einphasiges Auslöse-

kommando),

b) bei jedem zweipoligen Kurzschluss ohne Erdberührung, falls nur in einer Phase ein Aus-Kommando erteilt wird,

c) bei jedem mehrpoligen Erdkurzschluss mit auf mehrere Leitungen verteilten Erdfassungspunkten, wenn auf einer Leitung nur ein Erdfassungspunkt besteht und dieser durch ein einphasiges Auslösekommando abgeschaltet wird.

Eine dreipolige KU wird eingeleitet

a) bei jedem mehrpoligen Erdkurzschluss, falls in wenigstens 2 Phasen ein Auslösekommando erteilt wird,

b) bei jedem Kurzschluss (ein- oder mehrpolig), bei dem die Abschaltung nicht mit Schnellzeit erfolgt.

Der Übergang von einpoliger KU in eine dreipolige KU ist möglich, wenn

a) während der einpoligen KU eine Schalterpolnachholung erfolgt, oder

b) bei einem mehrpoligen Erdkurzschluss zuerst ein Auslösekommando und etwas später ein weiteres Auslösekommando erteilt wird.

Eine eingeleitete KU wird nur dann entsprechend der eingestellten Pausenzeit programmgemäß durchgeführt, wenn alle Informationen vorliegen, welche auf einen ordnungsgemäßen Störungsverlauf rückschliessen lassen und keine einzige Information vorliegt, welche eine Wiederbespannung bzw. Parallelschaltung verbietet.

Wie weiter unten angeführt, gibt es zahlreiche Störungskriterien, welche entweder auf ein bleibendes Leitungsgebrechen oder auf einen nicht normalen Störungsverlauf rückschliessen lassen. In diesen Fällen wird der Ablauf der KU wie folgt beeinflusst:

Nach Erhalt eines entsprechenden Störungskriteriums in Station A erfolgt prophylaktisch eine Anhebung der KU-Pausenzeit auf einen festgelegten Maximalwert, zum Beispiel 10". Innerhalb dieser Zeit ist in A die Bereitschaft für eine mögliche Parallelschaltung grundsätzlich noch gegeben, wenn zum Beispiel in der Gegenstation B kein Störungskriterium vorliegt und daher seitens B eine erfolgreiche Wiederzuschaltung (Spannungsvorgabe) mit Programmzeit erfolgt. Die Parallelschaltung in A wird dann 0,3 s nach erfolgreicher Wiederbespannung durchgeführt, falls Synchronismus besteht. Gibt jedoch B keine Spannung vor, weil gleichfalls ein Störungskriterium ansteht, dann erfolgt auf keiner Seite eine Wiederzuschaltung.

Es gibt jedoch auch Störungskriterien, welche die Wiederzuschaltbereitschaft der eingeleiteten KU sofort und unwiderruflich (bleibend) sperren, zum Beispiel satte Erdberührung der abgeschalteten Phase während einer einpoligen KU, oder Ansprechen der Synchronkontrolle nach Spannungsvorgabe von der Gegenstation, oder Fehlen der SS-Spannung.

Störungskriterien, welche den Verlauf der KU beeinflussen (siehe auch Fig. 7).

Die KU verläuft nicht programmgemäß, falls

a) die KU erst nach Ansprechen der Schnellzeitüberwachung eingeleitet wird, das heisst, wenn die Schutzauslösung erst nach länger dauernder Schutzanregung (mit Reservezeit) erfolgt.

Anmerkung: Es könnte ein Schutzversagen vorliegen, eventuell liegt die Fehlerstelle in der Gegenstation selbst oder darüber hinaus.

b) ... ein einpoliger Erdkurzschluss in einen zweipoligen (oder dreipoligen) Kurzschluss übergeht, oder, falls der erste einpolige Kurzschluss bereits abgeschaltet ist, wenn während der KU-Pausenzeit ein weiterer Kurzschluss auf der gleichen Leitung auftritt.

Anmerkung: In der Regel liegt bei derartig verlaufenden Fehlern ein bleibendes Leitungsgebrechen vor, nämlich Isolatorbruch und Seilberührung.

c) ... bei einem einpoligen Erdkurzschluss nach allseitiger

Abschaltung der fehlerbehafteten Phase in dieser während der KU-Pausenzeit keine induzierte bzw. influenzierte Restspannung auftritt.

Anmerkung: bei den üblichen Phasenabständen, Mastkopfbildern und Verdrillungen nimmt ein abgeschaltetes Phasenseil bei gesunden Spannungs- und Belastungsverhältnissen in den nicht abgeschalteten Phasen in der Regel eine Restspannung von > 5 bis 15% der Nennspannung an. Ist diese Restspannung nicht vorhanden, dann hat das Phasenseil noch Erdberührung, das heisst es liegt ein bleibender Leitungsfehler vor.

d) ... die Fehlerabschaltung nicht durch den zugeordneten Leitungsschutz (Hauptschutz), sondern durch den Reserve-schutz erfolgte.

e) ... während einer eingeleiteten einpoligen KU die Schalterpolnachholung anspricht (Übergang von einpoliger KU auf dreipolige KU).

f) ... die Schutzanregung nicht zurückfällt (Relaisdefekt, Klebenbleiben der Anregerrelais) bzw. neuerlich anregt (Umschlagstörung, Übergreifen des Fehlers auf andere Phasen).

g) ... bei vorhandener Signalverbindung für den Leitungsschutz von der Gegenstation bis zum Ablauf der KU-Pausenzeit entweder kein Empfangsimpuls eingetroffen ist (keine Auslösung in der Gegenstation erfolgt ist), 2 Empfangsimpulse eingetroffen sind (Zuschaltung in der Gegenstation auf bleiben den Fehler, Definitivauslösung), undefinierte Impulse eintreffen (Ansprechen der Impulslängenüberwachung bei Eintreffen von Nadelimpulsen sowie bei Dauerempfangsimpuls).

h) ... bei einer dreipoligen KU vor beabsichtigter Wiederbespannung der Leitung dieselbe noch nicht vollkommen spannungslos ist (weil in der Gegenstation noch keine oder keine vollständige Abschaltung erfolgt ist) oder seitens der Gegenstation ein erfolgloser Zuschaltversuch unternommen wurde, welcher durch das kurzzeitige Auftreten von Spannung in einzelnen Phasen gekennzeichnet ist.

i) ... die Synchronkontrolle bleibend angesprochen hat.

j) ... die Sammelschiene während der KU-Pausenzeit spannungslos wird (zum Beispiel bei Sammelschienenkurzschluss oder wegen Rundherumabschaltung bei Schutz- oder Leitungsschalerversagern).

k) ... der Kurzschluss im Augenblick einer Schalthandlung (Leistungsschalter-Zuschaltung) oder unmittelbar nach einer Wiederzuschaltung auftritt.

Der Verlauf der KU wird weiter beeinflusst vom Zustand des Leistungsschalterantriebes, der Stellung des Spannungswandlerrautomaten sowie durch eventuelle Rechnerkommandos und automatikinterne Überwachungseinrichtungen (Hilfsspannungen, Zeitbasis usw.), wobei letzteres jedoch als durchaus übliche Technik zu bezeichnen ist.

Die Kriterien a), d), e), g) bewirken in der Regel nur eine Verlängerung der KU-Pausenzeit, wobei zusätzlich die Wiederzuschaltung von der Wiederkehr der gesunden synchronen Spannung von Seite der Gegenstation abhängig gemacht wird (das heisst es ist in diesen Fällen ein Parallelschaltvorgang möglich, keinesfalls die automatische Bespannung der Leitung), die Kriterien b), c), f), h), i), j), k) wirken in der Regel auf die KUSperrend, da in diesen Fällen entweder von keiner Seite eine automatische Wiederbespannung der Leitung erfolgt oder dieselbe nicht erfolgreich verläuft bzw. die vorgegebene Spannung nicht synchron ist.

Das Blockschaltbild der Wiedereinschaltautomatik sowie den Informationsfluss von der Anlage bzw. vom Leitungsschutz zur Automatik zeigt Fig. 5.

Die Wiedereinschaltautomatik besteht im wesentlichen aus 5 Funktionsgruppen:

Schaltkreise 1 für die Betriebs- und Fehlerzustandserkennung (Datensammlung, Ordnen derselben, Herstellung einfacher Verknüpfungen, zum Teil mit Zeitfunktionen).

Schaltkreis 2 für die Einleitung einer einpoligen bzw. dreipoligen KU.

Schaltkreis 3 für die Beeinflussung des KU-Ablaufes in Abhängigkeit vom Störungsgeschehen.

Schaltkreis 4 für die automatische Wiederschaltung des Leistungsschalters.

Reserveschutzzusatz 5.

Diese 5 Funktionsgruppen werden nachstehend genauer beschrieben.

1. Betriebs- und Fehlerzustandserkennung

Wechselspannungsmessteil 1.1 (Fig. 5)

Dem Wechselspannungsmessteil werden die Wandlerspannungen der Leitung sowie der Sammelschiene zugeführt.

Die einzelnen Messrelais des Wechselspannungskreises haben folgende Aufgaben:

Relais U_{SS} : Feststellung der gesunden Höhe der Sammelschienenspannung (Ansprechwert etwa 85%, Abfallwert etwa 80% der Nennspannung).

Relais U_{Lig} : Feststellung der gesunden Höhe der Leitungsspannung (Ansprechwert etwa 80%, Abfallwert etwa 75%). Das Relais U_{Lig} ist nur dann erregt, wenn alle drei Leitererdspannungen und alle drei verketteten Spannungen innerhalb des Ansprechbereiches vorhanden sind.

Relais V_{Lig} : Dient zur Feststellung der Spannungslosigkeit der Leitung. Das Relais V_{Lig} spricht bereits an, wenn die Spannung zwischen 2 Phasen 10% der Nennspannung überschreitet. Eine gleichartige Leitererdspannung in allen drei Phasen (Nullspannung, Beeinflussungsspannung) bringt das Relais nicht zum Ansprechen.

Relais Sy : Spricht bei Auftreten einer Differenzspannung zwischen Leitungsspannung und Sammelschienenspannung an, der Ansprechwert ist in weiten Grenzen einstellbar. Das Relais Sy dient zur groben Kontrolle des Synchronismus vor jeder Parallelschaltung des Leistungsschalters.

Überwachung der Schutz- und Leistungsschalterfunktionen 1.2 (Fig. 5):

Dazu dienen die folgenden Melderelais:

Anregerelais A, A1, A3, A₀:

A Spricht bei jeder Schutzanregung an, ausgenommen alleiniger Nullstromanregung.

A1 Spricht bei jeder einpoligen Schutzanregung an (R_0 , S_0 , T_0).

A3 Spricht bei jeder mehrpoligen Schutzanregung an (RS , ST , TR , RST , RSO usw.).

A₀ Nullstromanregung.

Das Relais Z, die Schnellzeitüberwachung, spricht an, wenn eine Schutzanregung A eine bestimmte einstellbare Zeit (zum Beispiel 0,3 s) ansteht. Bei einer «Schnellzeitabschaltung» des Kurzschlusses spricht das Schnellzeitüberwachungsrelais nicht an. Das Relais Z bewirkt unter anderem eine starre (galvanische) Kupplung der ansonst dreiphasig getrennten Auslöseleitungen vom Schutz zum Leistungsschalter, das heisst ein einpoliges Auslösekommando des Leitungsschutzes wird nach Ansprechen von Z immer dreiphasig an den Leistungsschalter erteilt.

Relais Aus R, Aus S, Aus T: Das Ansprechen eines oder aller drei Relais sagt aus, dass auf den zugeordneten Leistungsschalter ein einpoliges bzw. dreipoliges Aus-Kommando erteilt wurde.

Die Relais LS, B, D, GL geben über den Zustand des Leistungsschalters und dessen Steuerung Auskunft.

Das Relais LS spricht an, wenn der Leistungsschalter in Stellung «Aus» geschaltet wird.

Das Relais B spricht bei jeder Hand-Einsteuerung für die Dauer des Einschaltkommandos an.

Das Relais D meldet die KU-Bereitschaft des Leistungsschalterantriebes. (Da bei Ausfall des Spannungswandlerautomaten der geschützten Leitung wegen Unmöglich-

keit einer Synchronkontrolle die KU-Bereitschaft des Schutzfeldes verlorengeht, kann die Stellung des Spannungswandlerautomaten gleichfalls mit dem Relais D überwacht werden.)

Das Relais GL meldet das Ansprechen der «Gleichlaufsteuerung» (Schalterpolnachholung).

Messzusatz für einpolige KU 1.3 (Fig. 5):

Dieser hat die Aufgabe festzustellen, ob während einer einpoligen KU das beidseitig abgeschaltete Phasenseil eine Beeinflussungsspannung gegen Erde ($\geq 5\%$ der Nennspannung) annimmt oder nicht. Tritt diese Beeinflussungsspannung nicht auf, dann hat das Phasenseil eine leitende Verbindung mit Erde. In diesem Fall soll die Wiederschaltung unterbleiben (siehe Fig. 7, Zeile C).

Information aus der Gegenstation 1.4

Das Relais E stellt das Eintreffen eines Empfangsimpulses aus der Gegenstation fest und überwacht dessen Form und zeitliche Dauer. Die Gegenstation sendet bei Abgabe eines Auslösekommandos durch den Leitungsschutz ein definiertes Signal.

Allgemeine Bemerkung betreffend die Darstellung der Relais in den Schaltskizzen:

Die Relais sind mit Grossbuchstaben bezeichnet, die zugehörigen Kontakte mit kleinen Buchstaben. Zahlreiche Relais haben sowohl unverzögerte Kontakte als auch Kontakte mit Zeitfunktionen. Diese sind mit einem Pfeil gekennzeichnet ($\uparrow$ Ansprechverzögerung, $\downarrow$ Abfallverzögerung). Weisen alle Kontakte eines Zeitrelais immer die gleiche (eventuell veränderlich einstellbare) Zeitfunktion auf, dann ist diese Zeitfunktion am Relaisymbol ersichtlich.

2. Schaltkreis 2 für die Einleitung einer einpoligen bzw. dreipoligen KU (Fig. 6):

Gemäss Fig. 6 wird eine einpolige KU in der Regel dann eingeleitet, wenn das Relais KU 1 erregt wird. Dies ist der Fall, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

a $\uparrow$ angesprochen: Die geringe Ansprechverzögerung von zum Beispiel 20 bis 30 ms hat den Zweck, dass kurzzeitige Störimpulse kein unerwünschtes Ansprechen der KU-Automatik bewirken können.

Einpoliges Aus-Kommando vorhanden.

a1 angesprochen, a3 nicht angesprochen (trifft nur bei einpoligem Erdkurzschluss zu) oder

a1 und a₀ nicht angesprochen, a3 angesprochen (trifft bei zweipoligem Kurzschluss ohne Erdberührung zu).

Schliesser d geschlossen (LS KU-bereit, Automat der Spannungswandlergruppe der Leitung eingelegt).

Öffner sp geschlossen (der Leistungsschalter wurde nicht unmittelbar vor Einleitung der KU eingeschaltet, weder von Hand noch durch die Automatik).

Öffner h1 und h3 geschlossen: Unmittelbar nach Erregung des KU 1-Relais werden beide KU-Kreise durch die Öffner h1 bzw. h3 unterbrochen. Damit beginnt einerseits die Abfallverzögerung des KU 1-Relais zu wirken, andererseits kann durch eine geänderte Störungssituation nicht das KU 3-Relais nachträglich erregt werden.

Öffner z geschlossen: Es muss eine «Schnellzeitauslösung» vorliegen.

Hat diese Kontaktkombination Durchgang, dann wird das Relais KU 1 nach einer Verzögerung von 0,01 s (wegen Störsignale) erregt. Ein Schliesser ku 1 bringt sofort das Hilfsrelais H 1, dessen Abfallverzögerung die Dauer des Wiedereinschaltkommandos bestimmt (siehe Abb. 8).

Die Abfallverzögerung des KU 1-Relais (KU-Pausenzeit) ist im Bereich von 0,3 bis 10 s fein einstellbar. Spricht während der KU-Pausenzeit das Relais F an (Fig. 7), dann wird die Abfallverzögerung auf den Maximalwert (10 s) angehoben. Diese maximal einstellbare KU-Pausenzeit kommt jedoch üblicherweise nicht zur Wirkung. Treffen nämlich nach einem bestimmten zeitlichen Fehlerverlauf die nachstehenden Bedingungen zu, dann wird sofort zugeschaltet, falls die minimale Unterbre-

chungszeit von 0,3 s bereits abgelaufen ist:

K 9 gestöpselt

Öffner gl geschlossen: Aus-Kommando der LS-Gleichlaufsteuerung entweder nicht angesprochen oder bereits zurückgefallen.

Schliesser u_{Lig} ↑ geschlossen: Gesunde Spannung auf der Leitung von der Gegenstation bereits anstehend (etwa 0,2 s ansprechverzögert).

Schliesser u_{SS} ↑ geschlossen: Gesunde Sammelschienenspannung vorhanden (etwa 0,2 s ansprechverzögert).

Öffner a geschlossen: Schutzanregung bereits zurückgefallen.

Öffner sy geschlossen: Synchronkontrolle nicht angesprochen oder bereits wieder zurückgefallen.

Das H-Relais für die KU-Pausenzeitverkürzung wirkt sowohl bei ein- als auch dreipoliger KU und hebt die prophylaktisch sperrende Wirkung des F-Relais auf.

Eine dreipolige KU wird dann eingeleitet, wenn das Relais KU 3 auf die nachstehend beschriebene Art erregt wird:

a ↑ angesprochen

Mehrpoliges Aus-Kommando vorhanden. Mit diesen beiden Bedingungen wird zunächst das Relais V 3 erregt. Das Relais V 3 hat die Aufgabe, eine automatische Wiederschaltung zu verhindern, wenn nach Einleitung einer einpoligen KU eine Änderung im Störungsgeschehen eintritt, welche nun eine dreipolige KU zur Folge hätte. Derartige Umschlagstörungen sind fast durchweg mit bleibenden Leitungsgebrechen verbunden, zum Beispiel Isolatorbruch oder Seilriss, daher wird über Schliesser v 3 und Schliesser h 1 das F-Relais erregt (siehe Abb. 7).

Die alleinige Erregung des Relais V 3 hat auf den Ablauf einer normalen dreipoligen KU keinen Einfluss.

d + sp + h + h3 haben Durchgang (gleiche Bedingungen wie bei Einleitung einer einpoligen KU).

Das Relais KU 3 wird nach 0,01 s erregt und bringt sofort das H 3-Relais, dessen Abfallverzögerung die Dauer des Wiedereinschaltkommandos nach Ablauf der dreipoligen KU bestimmt.

Bei Kurzschlüssen auf Doppelleitungen ist es möglich, dass ein Leitungsschutz trotz mehrpoliger Schutzanregung nur ein einphasiges Auslösekommando erteilt (Kurzschluss mit verteilten Erdfassungspunkten). In diesem Fall soll eine einpolige KU eingeleitet werden, es wird jedoch dabei ausnahmslos das Relais KU 3 erregt (über $a1 + a3 + a0$). Auf diese Besonderheit soll bei der Einstellung der Abfallverzögerung des KU 3-Relais Bedacht genommen werden.

3. Beeinflussung des KU-Ablaufes in Abhängigkeit vom Störungsgeschehen (Schaltkreis 3, Fig. 1 und 7):

Der KU-Ablauf selbst wird vom F-Relais (Fig. 7) beeinflusst, indem nach Ansprechen des F-Relais einmal das KU-Pausenzeitrelais auf seinen maximalen Abfallwert angehoben wird, andererseits in den Wiedereinschaltkreis eingegriffen wird, und zwar derart, dass keine Leitungsbespannung, sondern nur eine Parallelschaltung nach vorheriger erfolgreicher Spannungsvorgabe durch die Gegenstation möglich ist. Erfolgt letztere nicht, bleibt also die Leitung spannungslos, dann unterbleibt nach Ansprechen des F-Relais die Wiederschaltung, das heisst die Leitungsabschaltung ist eine definitive. Im Falle einer einpoligen KU bedeutet dies, nach kurzer Zeit die Schalterpolnachholung (Gleichlaufsteuerung des Leistungsschalters) anspricht und die beiden noch geschlossenen Leistungsschalterpole zur Abschaltung bringt.

Die Ansteuerung des F-Relais erfolgt durchwegs von Kriterien, welche vom Störungsverlauf abhängig sind, und zwar

a) wenn im Verlauf einer einpoligen oder dreipoligen KU das Z-Relais (Schnellzeitüberwachung) anspricht.

b) wenn nach Einleitung einer einpoligen KU (h 1) das Relais V 3 anspricht.

c) wenn im Verlauf einer einpoligen KU ($h 1 + \sqrt{3}$) in der abgeschalteten Phase (zum Beispiel aus R ↓) eine bestimmte Zeit nach Einleitung der einpoligen KU ($h 1 \uparrow$) keine Beeinflussungsspannung auftritt ($u_{RO} <$), wobei die Schutzanregung bereits zurückgefallen sein (a) und K 17 gesteckt sein muss.

d) nach Ansprechen des Reserveschutzrelais R.

e) wenn im Verlauf einer einpoligen KU (h 1) der Leistungsschalter dreipolig geöffnet wird (ls) oder die Gleichlaufsteuerung (gl) anspricht.

f) entfällt.

g) wenn im Verlauf einer einpoligen (h 1) oder dreipoligen KU (ku 3) entweder

g1) kein definierter Empfangsimpuls aus der Gegenstation eintrifft.

g2) 2 Empfangsimpulse eintreffen.

g3) Störimpulse auftreten, zum Beispiel kurzzeitige Nadelimpulse.

g4) ein Dauerimpuls auftritt.

h) wenn im Verlauf einer dreipoligen KU (ku 3) eine

bestimmte Zeit nach erfolgter Leistungsschalterauslösung (zum Beispiel 1 s) die Leitung nicht vollkommen spannungslos ist ($u_{Lig} + v_{Lig}$).

i) wenn die Synchronkontrolle eine bestimmte Zeit (zum Beispiel 0,2 s) angesprochen hat (sy ↑).

Das F-Relais geht über die Dauer der KU-Pausenzeit hinaus (v 3 oder h 1) in Selbsthaltung.

4. Schaltkreis 4 für die automatische Wiederschaltung des Leistungsschalters (Fig. 8):

Die Wiederschaltung des Leistungsschalters durch die Automatik erfolgt dann, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

a) Nach Ablauf einer einpoligen KU ku 3 geschlossen.

Rückfall des KU 1-Relais, jedoch h 1 noch geschlossen (ku 1 + h 1; Schliesser h 3 ist offen).

Synchronkontrolle nicht angesprochen ($\overline{sy}$).

Öffner ls geschlossen (bei einer einpoligen Leistungsschalterauslösung wird das Relais LS nicht erregt).

F-Relais nicht angesprochen ($\overline{f}$) oder Leitung seitens der Gegenstation bereits bespannt (u_{Lig}).

Sammelschienenspannung in gesunder Höhe vorhanden (u_{SS}).

Gleichzeitig mit dem Wiedereinschaltkommando W wird auch das KU-Sperrelais Sp erregt. Letzteres sperrt die KU-Automatik für die Dauer der Abfallverzögerung (3 s), indem es keine neuerliche Erregung des KU 1/3-Relais zulässt.

b) Nach Ablauf einer dreipoligen KU:

Rückfall des KU 3-Relais, jedoch h 3 noch geschlossen

(ku 3 + h 3; Öffner ku 1 ist geschlossen, Schliesser h 1 ist offen).

Synchronkontrolle nicht angesprochen ($\overline{sy}$).

Öffner ls geöffnet (damit ist der Wiedereinschaltstromkreis für die einpolige KU unterbrochen). Schliesser ls nach Ablauf

der Ansprechverzögerung (zum Beispiel 1 s) geschlossen. Leitung vollkommen spannungslos ($\overline{v_{Lig}}$) und F-Relais nicht angesprochen, oder Leitung seitens der Gegenstation bereits

bespannt (u_{Lig}). Weiter muss entsprechend den netzbetriebenen Erfordernissen wenigstens eine der folgenden Bedingungen erfüllt sein:

Schnellzeitüberwachung Z nicht angesprochen und K 1 gestöpselt oder

gesunde Spannung auf der Leitung bereits etwa 0,2 s vorhanden ($u_{Lig} \uparrow$) und K 2 gestöpselt oder

Leitung vollkommen spannungslos ($\overline{v_{Lig}}$) und K 3 gestöpselt. Sammelschienenspannung in gesunder Höhe vorhanden (u_{SS}).

Damit bei Wiederbespannung einer Leitung im Falle eines bleibenden Fehlers möglichst rasch abgeschaltet wird, ist für den Zuschaltmoment die Möglichkeit einer «Anregeauslösung» gegeben. Der Leistungsschalter wird also sofort dreipolig und definitiv ausgelöst, wenn

a) nach Rückfall des KU 1-Relais bei noch geschlossenem Schliesser h 1 oder

b) nach Rückfall des KU 3-Relais bei noch geschlossenem Schliesser h 1 oder

c) bei Abgabe eines Hand-Ein-Kommandos b eine Schutzanregung a erfolgt und die Leitungsspannung wenigstens in einer Phase unter 75% eingebrochen ist (u_{Ltg}). Bei einer harten Parallelschaltung kann es zu einer oder mehreren Schutzanregungen kommen (Pendelungen), jedoch wird die Spannung üblicherweise nicht stark zusammenbrechen. In diesem Fall kommt es zu keiner unerwünschten «Anregeauslösung». Nur im Falle einer asynchronen Zuschaltung bzw. Netzkupplung würde die Netzspannung stark einbrechen und daher auch eine Anregeauslösung erfolgen. Durch die Synchronkontrolle wird jedoch eine asynchrone Zuschaltung verhindert.

5. Reserveschutz-Zusatz (Schaltkreis 5, Fig. 1 und 9):

Durch ein Versagen des Leitungsschutzes kann die Abschaltung einer fehlerbehafteten Leitung verhindert werden. Es ist jedoch auch möglich, dass nach ordnungsgemässer

Einleitung einer einpoligen KU durch einen weiteren Fehler auf der gleichen Leitung dieser Folgefehler vom Distanzschutz nicht mehr richtig erfasst werden kann und daher nicht zur Abschaltung kommt. Beide Möglichkeiten des Schutzversagens sind in der nachfolgenden Reserveschutzschaltung (Fig. 9) berücksichtigt:

Das Auslöserelais R der Reserveschutzschaltung wird erregt, wenn entweder ein Empfangssignal (e) aus der Gegenstation eingetroffen ist oder eine KU eingeleitet wurde (ku 1 oder ku 3) und eine Schutzanregung (a) ansteht und kein Aus-Kommando vorhanden, bzw. bereits zurückgefallen ist (aus R+ aus S+ aus T). Das Relais R spricht nach einer Verzögerung von etwa 0,2 s an und löst den Leistungsschalter dreipolig aus. In Sonderfällen (zum Beispiel Leitungsschutz ausser Betrieb) kann es erwünscht sein, nach Eintreffen eines Empfangsimpulses aus der Gegenstation ohne weitere Schutzkriterien den Leistungsschalter auszulösen. Dies ist möglich, falls K. 20 gestöpselt ist.

FIG. 1

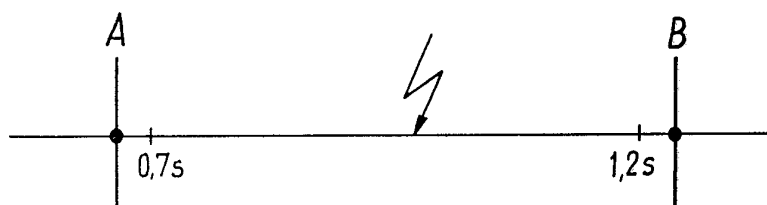


FIG. 2

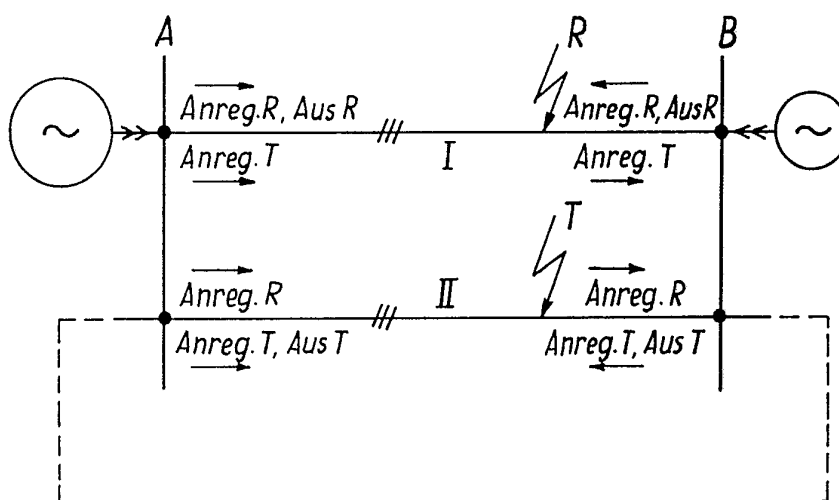


FIG. 3

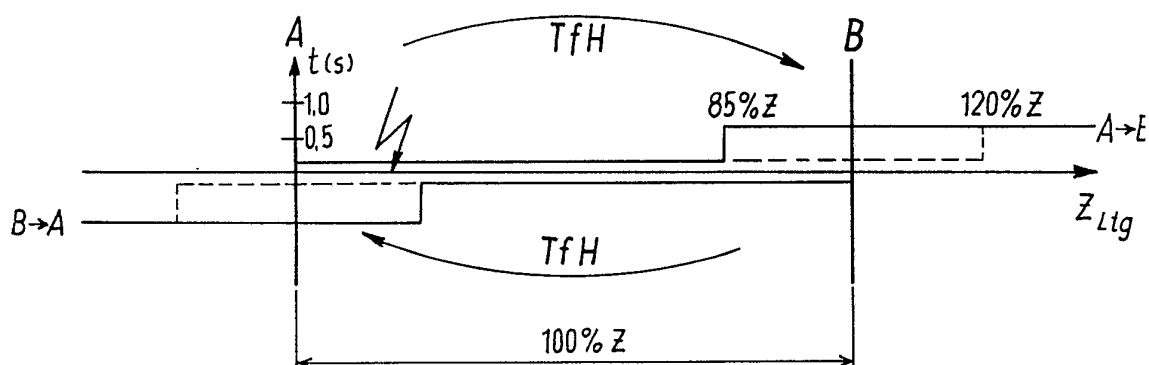
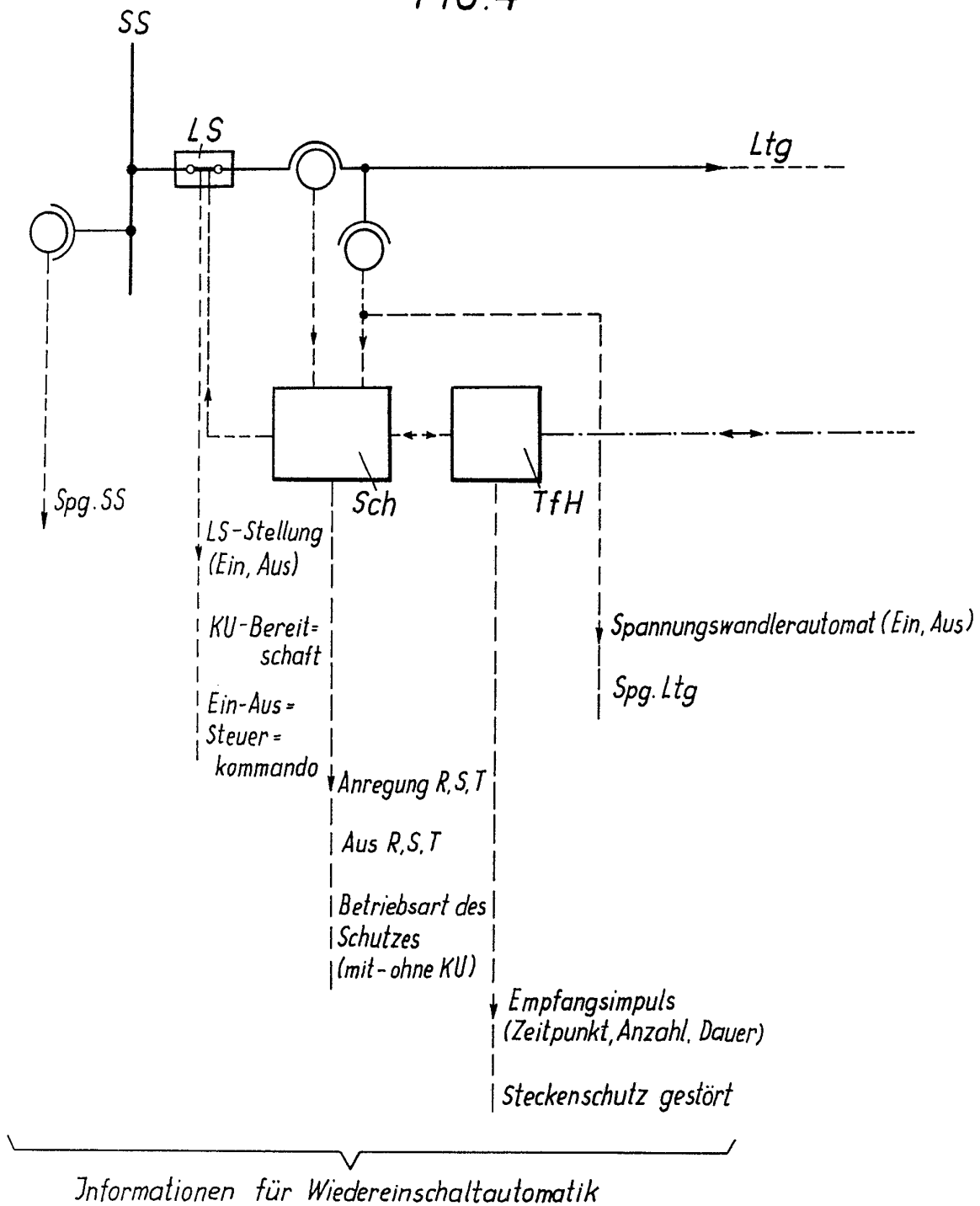


FIG. 4



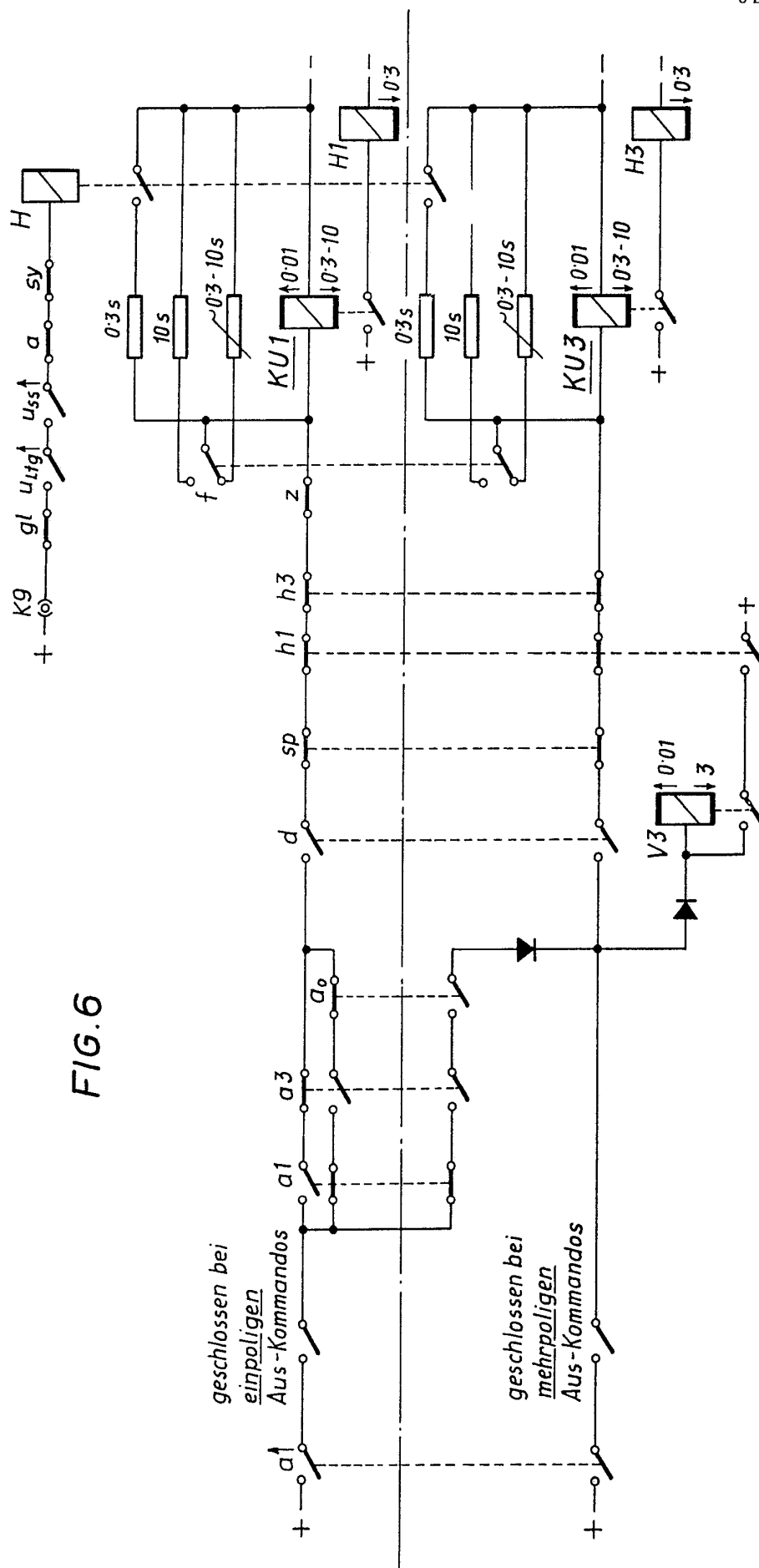


FIG. 6

FIG. 7

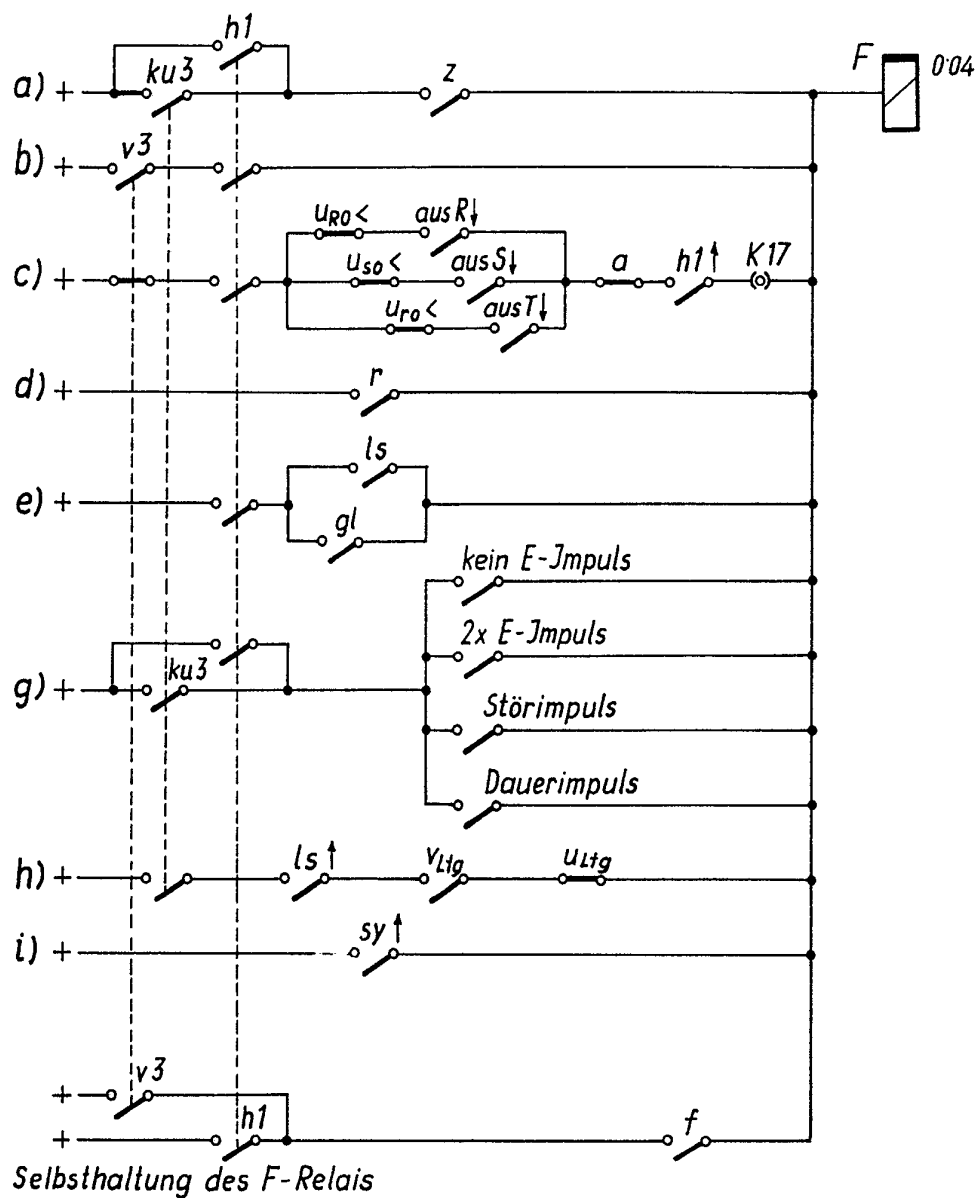


FIG. 9

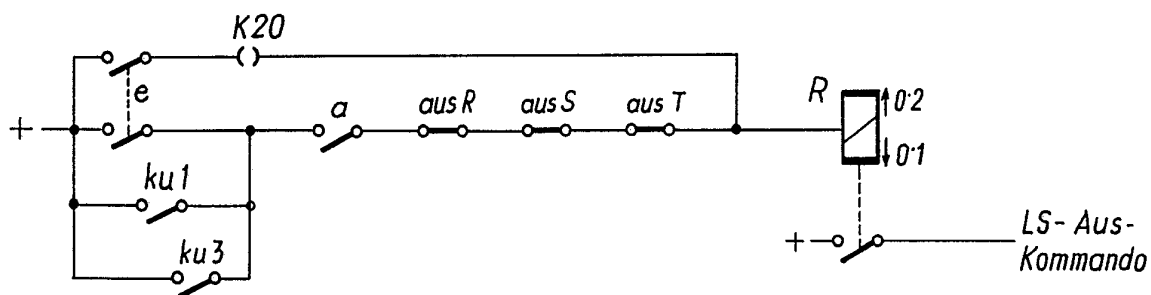


FIG. 8

