

18
100215
REPUBLIC ÖSTERREICH

PAGET, MOELLER & HARDY
Riemergasse 8
WIEN, I.



PATENTURKUNDE

NR. 118202

Gemäß dem Patentgesetze ist

dem

Ing. Jancu Solomon

in Bukarest (Rumänien)

ein Patent nach Inhalt der angehefteten Patentschrift erteilt
worden.

Wien, den 25. Juni 1930.

PATENTAMT

Der Präsident:

Bergmann



Die Patentgebühr wird jährlich fällig am
15. Februar.



ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT.

PATENTSCHRIFT N^o 118202.

INC. JANCU SOLOMON IN BUKAREST (RUMÄNIEN).

Relais zum Anzeigen von Störungen in elektrischen Mehrphasenanlagen.

Angemeldet am 29. Juli 1927; beanspruchte Priorität: Patentansprüche 1 bis 7, 9 bis 13, 15 und 16 vom 30. Juli 1926 (Anmeldung im Deutschen Reiche) und für die Patentansprüche 8 und 14 vom 20. Dezember 1926 (Anmeldung in Frankreich).
Beginn der Patentdauer: 15. Februar 1930.

Bekanntlich stehen die Spannungen der einzelnen Phasen eines Mehrphasensystems, was Größe und Phasenlage derselben betrifft, in einer ganz bestimmten Beziehung zueinander, welche in der vektoriellen Darstellungsweise durch ein geschlossenes Vieleck zum Ausdruck gebracht wird, welches für jedes Mehrphasensystem charakteristisch ist und Spannungsvieleck oder Spannungsbild der betreffenden Stromart genannt wird. Jede Störung des normalen Betriebszustandes ändert mehr oder weniger die Größe und die Phasenlage der Systemspannungen oder vektoriell ausgedrückt, verursacht sie eine Verzerrung des für das betrachtete System charakteristischen Spannungsbildes. Nur bei einfachen Erdschlüssen, in Anlagen ohne betriebsmäßig geerdeten Nullpunkt, trifft das im allgemeinen nicht zu, da bekanntlich in einem solchen Falle nur der Nullpunkt des Systems eine Verschiebung erleidet, mit entsprechender Potentialänderung der einzelnen Phasen gegenüber der Erde, die gegenseitigen Potentiale der Phasen jedoch unberührt bleiben und das dem System charakteristische Spannungsvieleck undeformiert weiter bestehen bleibt.

Gegenstand der Erfindung ist nun ein Relais, in dem die durch eine Störung in der Anlage verursachte Verzerrung des Spannungsbildes eine Kraftwirkung hervorbringt, die zur Anzeige der Störung und zur Abschaltung des beschädigten Teiles der Anlage dient.

Auf eine Verzerrung des Spannungsbildes eines Mehrphasensystems wird nun jeder in der Art eines Phasenmessers, Wattmeters oder Zählers gebaute Apparat in elektrodynamischer oder Ferraris-Bauart ansprechen, in welchem erfindungsgemäß beide wirkende verkettete Felder von zwei Spannungskreisen erzeugt werden, welche ohne Erdung zwischen beliebigen Punkten des Systems abgezweigt sind; denn bekanntlich sind alle vorgenannten Apparate auf Phasenwinkelveränderungen der wirkenden Felder bzw. der diese Felder erzeugenden Anschlußspannungen, wie sich solche bei einer Verzerrung der Spannungsvielecke notwendig — erweisen ergeben, empfindlich. Dabei wird man zweckmäßig die wirkenden Felder bzw. die sie erzeugenden Spannungen mit einer solchen Phaseneinstellung wählen, daß bei undeformiertem Spannungsvieleck das entstehende Drehmoment Null oder ein Maximum ist. Die Stromkreise der Apparate sollen bei direktem konduktiven Anschluß an die Systemspannungen keinen geerdeten Punkt haben, damit die wirkenden Anschlußspannungen ohne Zwang seitens der zufälligen Erdpotentiale des Systems der Deformierung des Spannungsbildes folgen können.

Nachdem von allen Mehrphasensystemen das Drehstromsystem das weit verbreitetste ist, werden in der Folge die für Drehstrom geeigneten Anordnungen beispielsweise beschrieben werden. Gleiche Einrichtungen lassen sich jedoch sinngemäß geändert auch für alle andern Mehrphasensysteme verwenden.

Fig. 1 und 2 zeigen die vektoriellen Spannungsbilder einer Dreieckschaltung, Fig. 3 zeigt das Spannungsbild einer Sternschaltung, Fig. 4 das Schaltungsschema eines Relais, Fig. 5 eine etwas geänderte Schaltung, Fig. 6 eine Relaischaltung für Differentialschutz, Fig. 7 und 8 schematisch zwei Antriebsarten des vom Relais betätigten Schließkontaktes, Fig. 9 das Relais in Verwendung bei einer Selektivschutzanlage und Fig. 10 eine vollkommenere Ausbildung der Selektivschutzanlage mit dem Relais nach der Erfindung.

Das gleichseitige Dreieck RST aus Fig. 1 zeigt die verketteten Spannungen eines Drehstromnetzes im ungestörten Zustande. Wenn eine Betriebsstörung, z. B. ein Kurzschluß zwischen den Phasen S und T eintritt, so wird dieses Dreieck seine regelmäßige Form verlieren und sich zum Dreieck $RS'T'$ verziehen.

Man erhält nun einen Apparat, welcher auf diese Verzerrung des Dreieckes, also auf die eingetretene Betriebsstörung anspricht, wenn die zwei Stromkreise eines wie ein Elektro-Dynamometer gebauten Apparates an zwei Spannungen angeschlossen werden, von welchen eine beispielsweise zwischen R und T , die zweite zwischen S und A abgenommen wird, wobei A die Mitte von RT ist, so daß die Spannung SA im normalen Zustand um 90° gegen die Spannung RT verschoben ist.

Angenommen, daß die Felder im Apparat gleichen Phasenunterschied zeigen, wie die sie erzeugenden Spannungen, was durch bekannte Anordnungen auch immer erreicht werden kann, so wird in dem wie beschrieben angeschlossenen Elektro-Dynamometer im normalen Betriebszustand keine Kraftwirkung entstehen, weil eben die wirkenden Felder bzw. die dieselben erzeugenden Spannungen rechtwinklig zueinander stehen.

Erst in dem Augenblick, wo sich wegen der eingetretenen Betriebsstörung das Spannungsbild zum Dreieck $RS'T'$ verzerrt hat, schließt die Spannung $S'A'$ mit der Spannung RT' einen Winkel $S'A'T'$, der kleiner als 90° ist, ein, so daß zwischen den beiden Feldern eine Kraft wirken kann, welche das Relais zum Ansprechen bringen wird.

Im Falle eines Apparates nach dem Ferraris-Prinzip muß berücksichtigt werden, daß das größte Drehmoment gerade bei rechtwinkligen Feldern entsteht. Deshalb muß hier einem der zwei Felder eine

künstliche Phasenverschiebung von 90° oder auch beiden Feldern solche zusätzliche Phasenverschiebungen gegeben werden, so daß, obwohl die dieselben erzeugenden Spannungen rechtwinklig zueinander stehen, die Felder selbst 0° oder 180° Phasenverschiebung bekommen, wodurch erreicht wird, daß im ungestörten Betriebszustand keine Kraftwirkung entsteht.

Wie leicht einzusehen ist, wird das Relais in gleicher Weise auch im Falle eines Kurzschlusses zwischen S und R , sowie bei jeder anderen als die in Fig. 1 gezeichneten Verzerrung des Spannungsbildes wirken, denn nur im unversehrten gleichseitigen Dreieck besitzt die Mittellinie SA die Eigenschaft, auf dem Schenkel RT rechtwinklig zu stehen.

Im Falle eines Kurzschlusses zwischen R und T wird sich das Dreieck derart verzerren, daß das selbe zum gleichschenkligen Dreieck $RS'T'$ mit der Basis $R'T'$ werden wird. Nachdem in diesem Fall die Mittellinie SA' auf $R'T'$ rechtwinklig bleibt, würde das Relais nicht ansprechen (Fig. 2). Um nun auch diesem und somit alle Verzerrungsfälle mit dem Relais erfassen zu können, muß noch ein zweites Triebssystem vorgesehen werden, welches einerseits zwischen S und T , andererseits zwischen R und B angeschlossen wird, wobei B ein Punkt in der Mitte von ST ist. Auf dem Sonderfall der dreiphasigen Kurzschlüsse wird später besonders eingegangen.

Ein Relais nach dem beschriebenen Erfindungsgedanken könnte als Asymmetrirelais bezeichnet werden und bei Vorhandensein von zwei Triebwerken, was, wie vorstehend dargelegt, zweckmäßig erscheint, wird es in der Folge zweipoliges Relais genannt werden.

Die Mittelpunkte A und B lassen sich in an sich bekannter Weise zwischen R und T bzw. S und T mittels angeschlossenen Widerständen oder Drosselspulen mit einer Anzapfung in der Mitte gewinnen. Bei Hochspannungsanlagen könnten die Anschlüsse in bekannter Art über Spannungswandler vorgenommen werden. In diesem Falle lassen sich die vorgenannten Mittelpunkte A und B von einer Anzapfung in der Mitte der Sekundärwicklungen dieser Spannungswandler abnehmen.

Wenn statt des Dreieckes ein Dreistern als Spannungsbild des Drehstromes betrachtet wird, so lassen sich, wie aus Fig. 3 ersichtlich, die zwei aufeinander senkrecht stehenden Anschlußspannungen des Relais einerseits zwischen den Phasen R und T , andererseits zwischen der dritten Phase S und dem Nullpunkte O gewinnen. Im Störungsfalle deformiert sich der Dreistern zu $RS'T'$, der Nullpunkt kommt nach O' , $S'O'$ steht nicht mehr senkrecht auf RT' , somit wird das Relais ansprechen. Auch bei dieser Ausführung sind zweckmäßig zwei Triebssysteme zu verwenden, um alle möglichen Verzerrungsfälle des Dreisterns erfassen zu können. Aus dem Vorstehenden ergibt sich als eine weitere Anschlußmöglichkeit des Relais die Verwendung des in der Anlage vorhandenen oder eines auf bekannter Weise hergestellten, künstlichen Nullpunktes.

Die vollständige Schaltung eines zweipoligen Relais der in Fig. 2 beschriebenen Art ist beispielsweise in Fig. 4 schematisch wiedergegeben. Die Anordnung ist unter der Annahme der Verwendung von in der Mitte angezapften Spannungswandlern dargestellt worden. An die drei Leitungen RST sind die Spannungswandler 1 und 2 angeschlossen. An die Sekundärwicklung jedes Spannungswandlers ist die eine Relaiswicklung 3 bzw. 4 angeschlossen, während die zweiten Relaiswicklungen 5 und 6 an den Mittelpunkten A und B der Sekundärwicklungen liegen.

Die Notwendigkeit, besondere Widerstände, Drosselspulen, künstliche Nullpunkte oder auch nur sekundär angezapfte Spannungswandler zu verwenden, dürfte lästig empfunden werden. In einer besonderen Ausführungsform läßt sich dieser Nachteil vermeiden. Es genügt hierfür, die Anschlußpunkte A und B der Wicklungen 5 und 6 auf den zwischen den Phasen angeschlossenen Wicklungen 3 und 4 des Relais selbst zu suchen, denn diese Wicklungen wirken spannungsteilend und es kann jede beliebige Anzapfspannung von denselben abgenommen werden. Das Schaltungsschema eines zweipoligen Relais in dieser Ausführungsform in Anschluß an gewöhnliche Spannungswandler zeigt Fig. 5. Die zwei Triebssysteme des Relais können hierbei als selbständig oder mechanisch verbunden gedacht werden.

Was die Weiterwirkung auf die Steuerung der Schalter der Anlage betrifft, so kann dieselbe vom beschriebenen Relais für sich allein oder nach bekannter Weise in irgendeiner passenden Zusammenschaltung mit andern Hauptstrom-, Spannungs-, Richtungs-, Erdschluß- oder Zeitrelais erfolgen, mit welchen gegebenenfalls das Relais nach der Erfindung auch mechanisch zusammengebaut werden kann.

Charakteristisch für das Asymmetrirelais in der Form, wie es bisher beschrieben wurde, ist, daß sich im normalen Betriebszustand keine Triebkräfte entwickeln können und dieselben erst im Störungsfalle entstehen. Es kann aber die Anordnung auch so getroffen werden, daß die Triebkräfte im normalen Betriebszustand am stärksten ausgebildet sind, aber durch eine passende Gegenkraft, wie z. B. eine Feder, ein Gegengewicht usw. aufgewogen werden. Hiefür ist erforderlich, daß bei dem nach elektrodynamischen Prinzip gebauten Relais den wirkenden Feldern eine zusätzliche, künstliche 90° ige Phasenverschiebung gegeben wird. Bei Ferraris-Instrumenten müssen bei dieser Ausführungsart die wirkenden Felder im normalen Betriebszustand rechtwinklig zueinander stehen bleiben, wie die sie erzeugenden Spannungen.

Das Hauptanwendungsgebiet des Relais nach der Erfindung bildet der selektive Überstromschutz von Leitungsnetzen, der Windungsschlußschutz von Generatoren, der Differentialschutz von Transformatoren, der Motorschutz gegen Überstrom und Ausbleiben einer Phase, die Verwendung als

Störungsmelder für die an Spannungswandlern angeschlossenen Einrichtungen sowie als Anzeiger oder Meßinstrument für Asymmetrien in elektrischen Anlagen.

Die Anwendung des angegebenen Relais zum selektiven Überstrom- und Kurzschlußschutz ergibt sich aus der Überlegung, daß in einer Anlage gewisser Ausdehnung die Verzerrung des Spannungsbildes desto größer wird, je mehr man sich der Störungsstelle nähert. So wird ein Relais, welches auf diese Verzerrung anspricht, desto stärker bzw. rascher wirken, je näher es der Störungsstelle liegen wird. Somit wird ein solches Relais ohne jede Zutat selektiv sein.

In passender Schaltung läßt sich das Relais nach der Erfindung auch für einen Differentialschutz insbesondere von Transformatoren verwenden. Nach den bekannten Differentialschutz-Anordnungen werden bei Transformatoren die primär- und sekundärseitigen Ströme oder Energien untereinander verglichen. Erfindungsgemäß kann man Transformatoren auch durch Vergleich der Spannungsbilder auf der Primär- und Sekundärseite schützen. Liegt nämlich keine Störung im Transformator selbst vor, so werden die Spannungsbilder vor den Überspannungsklemmen und hinter den Unterspannungsklemmen untereinander geometrisch ähnlich sein. Eine auch größere Störung in einem der Außenkreise wird in diesem Kreise eine Verzerrung des Spannungsbildes verursachen, welche jedoch durch den Transformator übertragen, sich im zweiten Transformatorkreis genau gleich wiederfinden wird. Erst im Falle eines Defektes im Transformator werden die Spannungsbilder auf der Primär- und auf der Sekundärseite Unterschiede gegeneinander zeigen, welche durch das Asymmetrirelais nach der Erfindung erfaßbar sind.

Zu diesem Zwecke kann dieses Relais zwei verschiedene Ausführungsformen erhalten. Nach der einen Ausführungsart werden zwei (zweckmäßig zweipolige) Relais, jedes für sich, wie früher beschrieben, auf je einer Transformatorseite angeschlossen. Die Triebwerke der Relais werden aber zusammengekuppelt oder sonstwie mechanisch derart untereinander verbunden, daß bei gleichsinniger Verzerrung der Spannungsbilder die einzelnen Triebwerke, die an der Primär- und Sekundärseite angeschlossen sind, ungleichen Drehsinn bekommen. Sind die Verzerrungen der Systembilder primär und sekundär gleich, liegt also kein Fehler im Transformator selbst vor, so wird bei geeigneter Einstellung der zusammengekuppelten Triebwerke keine resultierende Drehkraft entstehen. Erst im Falle einer Störung im Transformator werden die Spannungsbilder auf der Ober- und Unterspannungsseite ungleich verzerrt (unähnlich) werden, eines der Triebwerke wird das andere überwiegen und das zusammengekuppelte Doppelrelais zum Ansprechen bringen.

Nach einer zweiten Ausführungsart kann man ein einziges (zweckmäßig zweipoliges) Relais anwenden, jedoch gemischt auf der Primär- und auf der Sekundärseite des Transformators anschließen, u. zw. bei Induktionsrelais an gleichphasigen, bei dynamometrischen Relais an senkrecht aufeinander stehenden Spannungen. Bei dieser Schaltung wird das Relais, solange im Transformator kein Defekt vorliegt und die Spannungsbilder primär und sekundär geometrisch ähnlich bleiben, in Ruhe verharren. Im Störfalle aber werden die aufeinanderwirkenden, die eine von der Primär-, die andere von der Sekundärseite entnommenen Spannungen (bzw. die von denselben erzeugten Feldern) nicht mehr jene Phasenlage gegen einander besitzen, welche ein Drehmoment Null liefert und werden das Relais zum Ansprechen bringen.

Bei Transformatoren gemischter Schaltart muß durch entsprechende Verschiebung der Felder im Relais selbst gesorgt werden, daß im ungestörten Betriebszustande kein Drehmoment im Relais triebwerk entsteht.

Mit den Indices 1 und 2 seien in Fig. 6 die Primär- und Sekundärkreise eines Transformators in Stern-Sternschaltung bezeichnet; an den Transformator könnte nun beispielsweise ein zweipoliges Relais nach der Erfindung, in dynamometrischer Bauart, unter Anwendung des Transformatornullpunktes zum Differentialschutz des Transformators unter Anwendung des Transformatornullpunktes, wie folgt, angeschlossen werden:

Erstes Triebwerk: Wicklung 3 an $R_1 T_1$
Wicklung 5 an $S_2 O_2$

Zweites Triebwerk: Wicklung 4 an $S_1 T_1$
Wicklung 6 an $R_2 O_2$

Dasselbe Prinzip der Verzerrung des Spannungsbildes läßt sich unter Anwendung des auf diese Verzerrung ansprechenden Relais nach der Erfindung auch zum Schutze von Mehrphasenmotoren gegen Ausbleiben einer Phase nach folgender Überlegung verwenden: Im normalen Betriebszustande bilden beispielsweise bei Drehstrom die drei einem Motor aufgelegten Spannungen ein gleichseitiges Dreieck. Wird eine Phase unterbrochen, so wird in dieser Phase durch Generatorwirkung des einphasig weiterlaufenden Motors eine Spannung rückerzeugt, die kleiner ist als die Spannung der andern angeschlossen gebliebenen Phasen. Diese rückerzeugte Spannung wird sich mit den andern zwei Spannungen zu einem ungleichseitigen Dreieck schließen, in welchem die Mittellinien nicht mehr die Eigenschaft besitzen werden, auf dem zugehörigen Schenkel rechtwinklig zu stehen.

Ist nun das Relais z. B. in der Ausführung und Schaltung nach Fig. 5 an den Motorklemmen angeschlossen, so wird dasselbe im normalen Betrieb, unbeeinflusst von Spannungsschwankungen im Netz und dem Belastungszustand des Motors, ruhig bleiben, um aber sofort bei Unterbrechung einer Phase wegen Verzerrung seines Anschlußdreieckes anzusprechen und weiter in bekannter Weise die Ausschaltung

des Motors zu veranlassen. Damit das Relais bei Unterbrechung irgendeiner der Motorphasen gleich sicher anspricht, muß ein zweipoliges Relais geschaltet nach Schema Fig. 2 Verwendung finden.

Dieses Phasenunterbrechungsrelais kann auch zu einem Überstromrelais erweitert werden und somit zu einem vollständigen Motorschutzrelais bzw. Motorschutzauslöser ausgebildet werden. Zu diesem Zwecke werden in zwei der drei Stromzuleitungen (bei Drehstrom) je eine Drosselspule vor den Anschlußpunkten des Asymmetrirelais eingeschaltet. Diese Drosselspulen verursachen Spannungsabfälle in den zwei Motorzuleitungen, in welchen sie eingeschaltet sind, wodurch das Spannungsdreieck hinter ihnen verzerrt wird.

Diese Drosselspulen werden derart bemessen und die Asymmetritriebwerke werden mit einer solchen Unempfindlichkeit ausgeführt, daß, soweit die normal zulässige Stromstärke nicht überschritten wird, das Relais noch nicht anspricht. Bei Überlastung oder Motordefekt steigen die Ströme in den Drosselspulen, hiedurch auch die durch dieselben verursachten Spannungsabfälle, bis das hinter die Drosselspulen angeschlossene Asymmetrirelais wegen Verzerrung des Anschlußspannungs-Dreieckes ansprechen wird. Damit bei den höheren Anlaufströmen das Relais nicht ebenfalls anspricht, ist erforderlich, die Triebwerke mit Verzögerungseinrichtungen zu versehen.

Ist an die Sekundärklemmen einer Spannungswandlergruppe ein Asymmetrirelais, wie hier angegeben, angeschlossen, so wird eine Unterbrechung oder sonstige Störung in der Spannungswandlergruppe sofort angezeigt werden und somit werden die dadurch an Zählern, Wattmetern, Spannungsrelais usw., welche an diese Spannungswandler angeschlossen sind, eintretenden Betriebsstörungen vermieden werden.

Die Anwendbarkeit des angegebenen Asymmetrirelais zum Schutze gegen Windungsschluß in Generatoren ergibt sich ohne weiteres aus der Überlegung, daß in einem solchen Störfalle das Spannungsdreieck an den Klemmen des Generators verzerrt wird.

Für manche der vorstehend beschriebenen Anwendungen kann es zweckmäßig erscheinen, das Relais in bekannter Weise mit einer Verzögerungseinrichtung zu versehen, beispielsweise mit einer die Triebwerke selbst beeinflussenden Wirbelstrombremse.

Bestimmte Überlegungen und die auf das angegebene Relais angewendete allgemeine Theorie der Ferraris-Scheibe zeigen jedoch, daß für das Relais in Induktionsbauart und zum Selektivschutz vom Leitungsnetz eine zusätzliche Bremsrichtung nicht erforderlich ist, hingegen ergibt sich als für eine günstige Zeitcharakteristik des Relais zweckmäßig, alle zusätzlichen Bremskräfte zu vermeiden, damit nur die bremsenden Drehmomente, welche die Wechselfelder auf die Triebwerke ausüben, zur Wirkung kommen.

Tatsächlich ist, wie mit Anlehnung an die bekannte Theorie des Induktionszählers leicht gefunden werden kann, das auf die stillstehende Triebwerke des Spannungs-Asymmetrirelais wirkende treibende Drehmoment

$$(1) D = k \cdot \Theta_1 \cdot \Theta_2 \cdot \cos \phi$$

und das bremse Drehmoment der Wechselfelder

$$(2) D' = k_1 \cdot \Theta_1^2 + k_2 \cdot \Theta_2^2 + k_3 \cdot \Theta_1 \cdot \Theta_2 \cdot \sin \phi \cdot u$$

Es bedeuten dabei:

Θ_1 und Θ_2 die Wechselfelder

ϕ der von den Anschlußspannungen eingeschlossene Phasenwinkel

u die Geschwindigkeit der Triebwerke

k, k_1, k_2 und k_3 von der Konstruktion und Abmessungen des Relais abhängige konstante Faktoren.

Gegenüber der bekannten Ergebnisse aus der Zählertheorie ist der Unterschied zu bemerken, der darin besteht, daß in der Formel für D , $\cos \phi$ an Stelle von $\sin \phi$ und in der Formel für D' , $\sin \phi$ an Stelle von $\cos \phi$ steht. Dieser Unterschied kommt daraus, daß, wie anfangs angegeben wurde, im Asymmetrirelais, damit im Normalzustand kein Drehmoment entsteht, im Innern des Relais der wirkenden Felder eine zusätzliche Phasenverschiebung gegeneinander von 90° gegeben wird, so daß im ganzen in der Normallage zwischen dieselben ein Phasenunterschied von 0° oder 180° besteht.

Die Gleichgewichtsbedingung lautet nun, unter Vernachlässigung der Reibungskräfte

$$(3) D - D' = 0$$

oder für die Schließzeit T des Relais — von einem konstanten Proportionalitätsfaktor abgesehen —

$$(4) T = \frac{1}{u} = \frac{k_1 \cdot \Theta_1^2 + k_2 \cdot \Theta_2^2 + k_3 \cdot \Theta_1 \cdot \Theta_2 \cdot \sin \phi}{k \cdot \Theta_1 \cdot \Theta_2 \cdot \cos \phi}$$

bzw.

$$(5) T = \frac{k_1 \cdot \Theta_1^2 + k_2 \cdot \Theta_2^2}{k \cdot \Theta_1 \cdot \Theta_2} \cdot \frac{1}{\cos \phi} + \frac{k_3}{k} \cdot \tan \Psi$$

Nachdem keine der Relais-Anschlußspannungen gegenüber der zweiten irgendwie ausgezeichnet ist, dürfen wir $\Theta_1 = \Theta_2$ machen, was auch konstruktiv ohne jede Schwierigkeit durchführbar ist.

Dann reduziert sich Formel (5) zu

$$(6) T = \frac{k_1 + k_2}{k} \cdot \frac{1}{\cos \phi} + \frac{k_3}{k} \tan \phi$$

oder auch, unter Zusammenfassung der Konstanten

$$(7) T = C_1 \cdot \frac{1}{\cos \phi} + C_2 \tan \phi.$$

Es ergibt sich also die Schließzeit T des Relais als eine einfache Funktion des Winkels ϕ .

Im normalen Betriebszustand ist $\phi = 90^\circ$, die Schließzeit T des Relais ist unendlich groß. Bei satterm zweipoligem Kurzschluß ist $\phi = 0^\circ$, T ist dann $= C_1$, d. i. die Eigenzeit (Grundzeit) des Relais. Zwischen diesen beiden extremen Werten steigen und fallen beide Glieder der Formel (7) mit ϕ , so daß die Zeitcharakteristik eine ungefähr lineare Gestalt besitzt, wie eine solche für Selektivschutzzwecke 10 eben gefordert wird.

Jede zusätzliche Bremsrichtung könnte die sich aus dem einfachen Spiel der gleichzeitig treibend und bremsend wirkenden Wechselfelder ergebende günstige, und wie nähere Berechnungen zeigen, praktisch geradlinige Zeitcharakteristik des Relais nur stören, weswegen solche Bremsrichtungen an dem Spannungsasymmetrirelais für Selektivschutzzwecke nicht anzubringen sind.

Bei den zusammengekuppelten, zweipoligen Relais oder den doppelten Relais für Differentialschutz könnten die einzelnen Triebwerke auf eine gemeinsame Achse direkt aufgebaut werden oder aber auch getrennte Achsen besitzen und mittels Seilschnüren und kleinen Seilscheibchen verbunden werden. Je nach dem Sinne der Verzerrung des Spannungsbildes wird das Relaistriebwerk eine Drehung nach rechts oder nach links ausführen, was Schließkontakte nach beiden Drehrichtungen erforderlich macht. Man kann aber auch mit einem einzigen Schließkontakt auskommen, wenn zum Kontaktschließen ein Schnur- 20 antrieb nach Fig. 7 verwendet wird. Hier bleibt die Bewegung des Schließkontaktes 7 die gleiche, unabhängig von der Drehrichtung der Triebachse 8, weil sich, unabhängig von dieser Drehrichtung, die Schnur 9 um die Achse wickelt und den Kontakt nach derselben Richtung zieht.

Werden die zwei Triebwerke eines zweipoligen Relais zusammengekuppelt, so muß bei der Aus- 25 führung der inneren und äußeren Anschlüsse darauf geachtet werden, daß die zwei Triebwerke sich unterstützen und nicht gegeneinander wirken. Derart ist man sicher, in allen Fällen die größten Drehkräfte zu bekommen. Die möglichen Verzerrungen des Spannungsbildes können aber im Störfalle so viel Verschiedenheit zeigen, daß es ausgeschlossen erscheint, in allen Fällen gleichsinnige Drehrichtungen der zwei Triebwerke zu erhalten. Vielmehr ist zu erwarten, daß unübersichtbare Verzerrungen des Spannungs- 30 dreieckes eintreten, bei welchen, wie bei einer Zweiwattmeter-Schaltung, die zwei Triebwerke nach verkehrten Richtungen ausschlagen. Um das zu vermeiden, wird statt einer gewöhnlichen Zusammenkuppelung der Triebwerke eine Verbindung derselben benutzt, wie sie in der Fig. 8 schematisch dargestellt ist.

Die mechanisch nicht gekuppelten Triebwerke 10 und 11 ziehen beide mittels einer leichten Schnur 12 an eine einzige Kontaktfeder 13, jedoch nicht direkt etwa an einem Haken derselben, sondern über eine 35 kleine Seilrolle 14, welche an dieser Kontaktfeder befestigt ist. Die Enden der Seilschnur sind an den zwei Triebwerksachsen in gleicher Weise wie in Fig. 7 befestigt und die Schnur führt von einer Triebachse über die Seilrolle zu der andern.

Es ist nun aus dieser Figur ohne weiteres ersichtlich, daß, welche auch die Drehrichtung jedes Triebwerkes für sich sei, die Antriebe derselben sich immer addieren und eine gleichgerichtete Bewegung 40 des Schließkontaktes verursachen, wobei noch die beiden Triebwerke völlig selbständig, ohne sich irgendwie gegenseitig zu stören, laufen können.

Für manche Zwecke wäre eine einfach schwingende und nicht rotierende Triebachse zweckmäßig. Um ein solches Relais ohne Lager und sich drehende Teile zu bekommen, genügt es, die Triebachse an einen schwingenden Arm zu befestigen. Ist die Triebachse in das treibende Feld der Relaistrieb- 45 kerne eingesetzt, so wird sich, weil sich die Triebachse nicht drehen kann, nur noch eine Tangentialkraft am äußeren Rande derselben entwickeln können, welche eine Ablenkung der Scheibe samt Arm an der entsprechenden Seite hervorrufen wird. Bei dieser Ausführungsart kann die Triebachse zweckmäßig zu einem Sektorstück reduziert werden, so groß, als es erforderlich ist, um vom treibenden magnetischen Fluß durchflutet werden zu können. Derart bekommt man ein besonders einfach und komp- 50 diös gebautes Relais.

Wie bereits angedeutet wurde, kann das angegebene Asymmetrirelais für den Selektivschutz von Leitungsnetzen verwendet werden, ohne daß es hierfür erforderlich ist, die einzelnen Relais je nach den Betriebsverhältnissen am Aufstellungsorte besonders zu wählen und einzuregulieren, vielmehr werden immer alle verwendeten Relais vollständig gleich ausgeführt sein können. Die verfolgte Staffelung in 55 den Schlußzeiten der einzelnen Relais wird sich von selbst nach der Größe der Verzerrung des Spannungsbildes an der betreffenden Anschlußstelle ergeben.

Der Hauptstrom der Anlage wurde in den bis jetzt beschriebenen Ausführungsformen in keiner Weise für die Wirkung des Relais herangezogen, infolgedessen braucht das Relais auch einen ausge-

sprochenen Überstrom nicht, um anzusprechen, wenn nur eine genügende Spannungsverzerrung an der Relaisstelle entsteht. Hieraus ergibt sich die weitere wertvolle Eigenschaft des Asymmetrirelais, nämlich dann noch zu wirken, wenn, wie es z. B. in großen Netzen oft vorkommt, in später Nachtstunde die verminderte Kraftwerksleistung nicht ausreicht, um starke Überströme ins Netz zu schicken.

In manchen Fällen kann aber auch vom Überstromprinzip für den Schutz der Anlage Gebrauch 5 gemacht werden, in welchem Falle dem Asymmetrirelais nach der Erfindung die Rolle eines Zeitgebers gegeben wird. Die Wirkung des Asymmetrirelais ist dann in dieser Anordnung einem Spannungsabfall-Selektivrelais analog. Hier wird der Spannungsabfall ausgenutzt, um die passende Staffelung in den Auslösezeiten von getrennten Überstromrelais zu erreichen, dort wird die Verzerrung des Spannungs- 10 bildes zu demselben Zweck erfindungsgemäß angewendet.

Demzufolge wird das angegebene Asymmetrirelais nach sonst an sich bekannten Anordnungen wie die gewöhnlichen Spannungsabfallrelais mit Relais anderer Art kombiniert werden können. Vor allem wird dieses Relais mit Hauptstrom-Solenoiden bzw. mit Hauptstromrelais ohne Zeitverzögerung 15 zusammengeschaltet, gegebenenfalls auch zusammengebaut werden können. Fig. 9 zeigt als Beispiel die vollständige Schaltung des aus drei Hauptstrom-Solenoiden 19, je eines in jeder Phase, und einem zweipoligen Asymmetrirelais nach der Erfindung AR zusammengestellten Selektivschutzes einer Drehstromleitung. In dieser Figur bezeichnen 15 Stromwandler, 16 Spannungswandler, 17 Ölschalter, AR ein 20 zweipoliges Asymmetrirelais, 18 Ölschalterauslöser, 19 drei Hauptstrom-Solenoiden mit deren Schließkontakten und 20 den Hilfsstromkreis.

Soll die Wahl der auszuschaltenden Leitung auch nach der Energierichtung erfolgen, so ist mit den Schließkontakten der Hauptstrom-Solenoiden und des Asymmetrirelais noch der Schließkontakt eines Richtungsrelais hintereinander zu schalten. In dieser Schaltung wirken die Hauptstrom-Solenoiden als Überstromkontaktgeber ohne Wirkverzögerung, das Richtungsrelais dient zur näheren Auswahl der 25 Leitung, indem es je nach der Energierichtung die Schalterauslösung sperrt oder freiläßt, das Asymmetrirelais nach der Erfindung wirkt als Zeitgeber. In einer Station mit mehreren abgehenden Leitungen kann ein einziges Asymmetrirelais als Zeitgeber für beliebig viele Leitungsenden dienen, die nur noch ihre besondere Überstrom- eventuell auch Richtungsrelais bekommen.

Nun ist noch der Sonderfall eines genau gleichen Kurzschlusses zwischen allen drei Phasen (eines Drehstromsystems) zu besprechen, bei dem zwar die drei Spannungen zurückgehen würden, jedoch in 30 gleichem Maße, so daß das Systembild zwar in kleinerem Maßstabe, aber unverzerrt weiter bestehen würde. Das angegebene Asymmetrirelais, welches nur durch Änderung der Winkelverhältnisse der Spannungen zum Ansprechen gebracht wird, wird in diesem Falle versagen.

Damit nun die Anlage gegen die Folgen des möglichen Versagens des Asymmetrirelais in den allerdings seltenen Fällen equilibrierten dreiphasigen Kurzschlüssen gesichert sei, muß eine besondere 35 Vorkehrung getroffen werden. Diese besteht erfindungsgemäß in einem Zeitkontakt, welcher dem Schließkontakt des Asymmetrirelais parallelgeschaltet wird. Dieser Zeitkontakt erhält eine feste, längere Laufzeit, welche der höchstzulässigen Dauer des Überstromes entsprechen soll. Alle von dem Asymmetrirelais in den normalen Fällen zu bewirkenden Schließzeiten müssen unter der Schließzeit dieses Hilfszeitkontaktes bleiben. Sollte im Falle eines equilibrierten dreiphasigen Kurzschlusses oder irgendeiner 40 andern Ursache das Asymmetrirelais versagen, so wird nach Ablauf der eingestellten Maximalzeit das Hilfszeitrelais die Rolle desselben übernehmen und durch seinen dem Asymmetrirelais parallelgeschalteten Hilfskontakt die Schalterauslösung bewirken.

Zu vorstehend angegebenem Zweck kann vor allem ein ganz getrenntes Zeitrelais bekannter Bau- 45 art in Anschluß an den Hilfsstromkreis (Auslösestromkreis) verwendet werden, das bei jedesmaligem Ansprechen eines der Hauptstrom-Solenoiden bzw. Hauptstromrelais, die mit dem Asymmetrirelais zusammengeschaltet sind, durch einen Hilfskontakt, mit dem diese Hauptstromrelais versehen sind, in Gang gesetzt wird. Es ist nicht mehr als ein Zeitrelais für eine Leitung bzw. eine Gruppe von Leitungen, 50 welche an derselben Sammelschiene angeschlossen sind, erforderlich. Die Hilfskontakte der Hauptstrom-Solenoiden bzw. der Hauptstromrelais, mittels welchen das Zeitrelais in Gang gesetzt wird, sind alle parallel oder auch hintereinander zu schalten; der als Sicherheitskontakt wirkende Schließkontakt des Zeitrelais ist dem Schließkontakt des Asymmetrirelais parallel zu schalten.

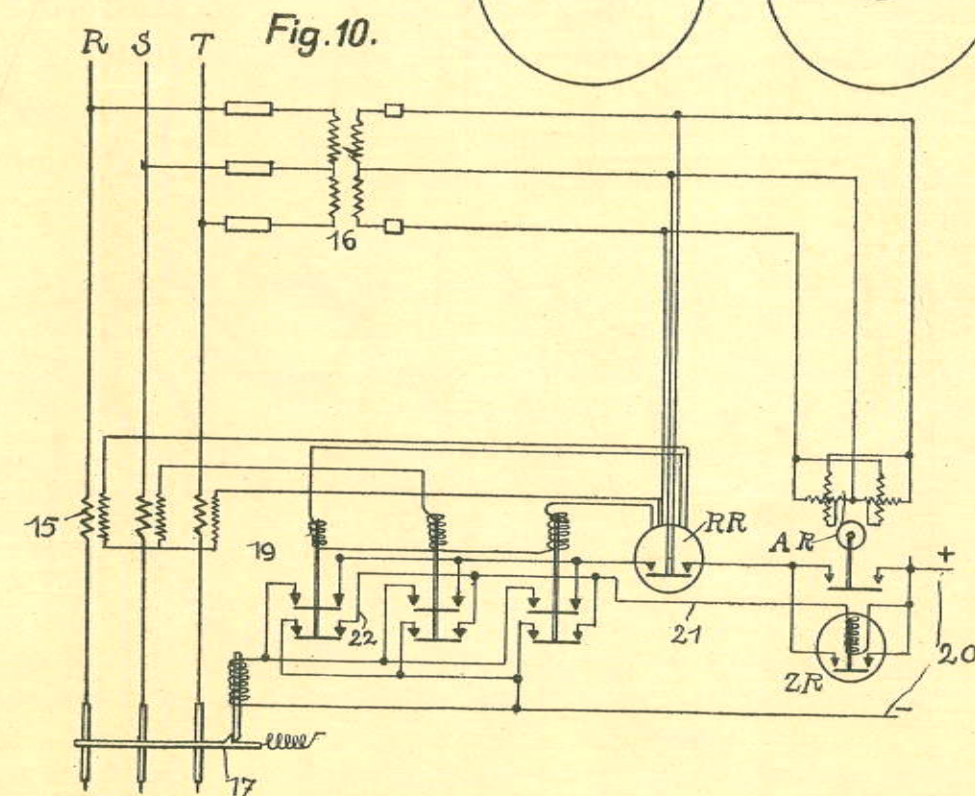
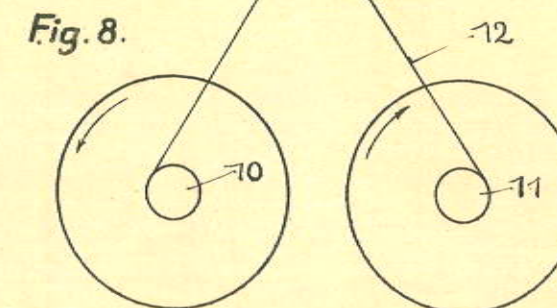
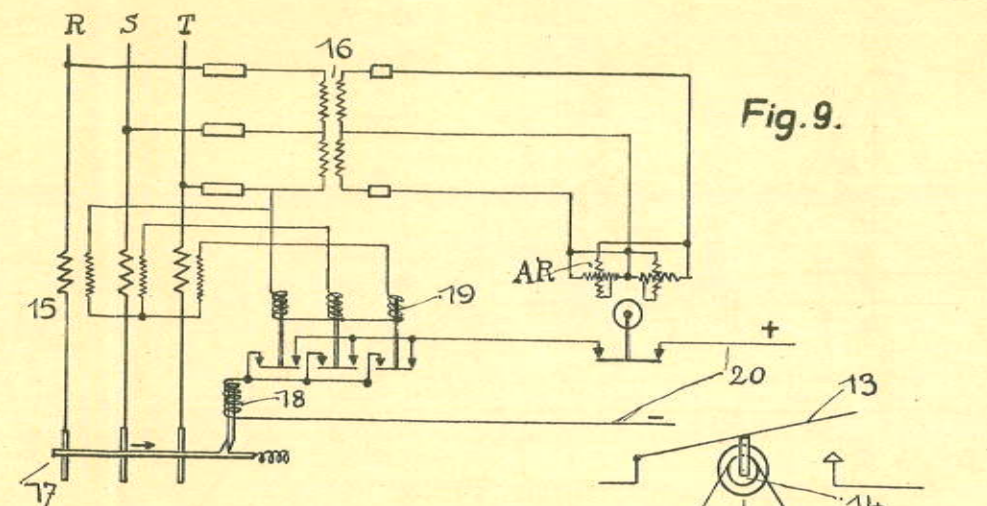
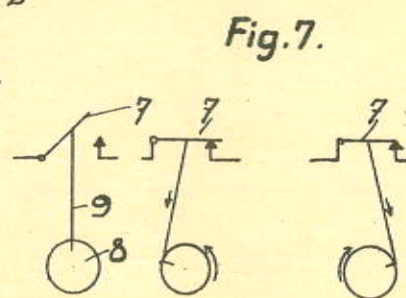
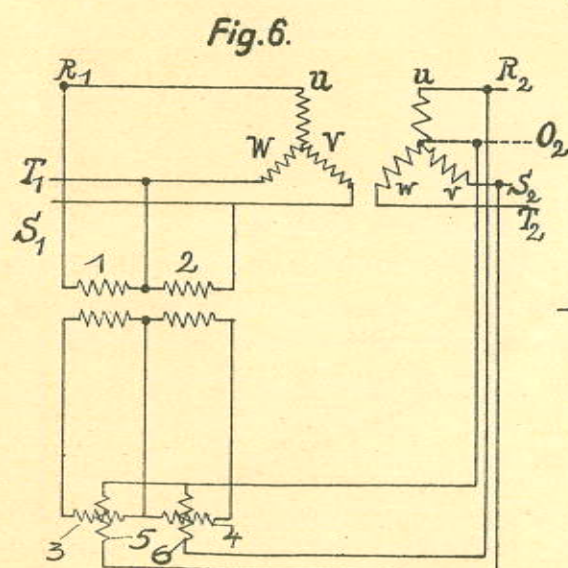
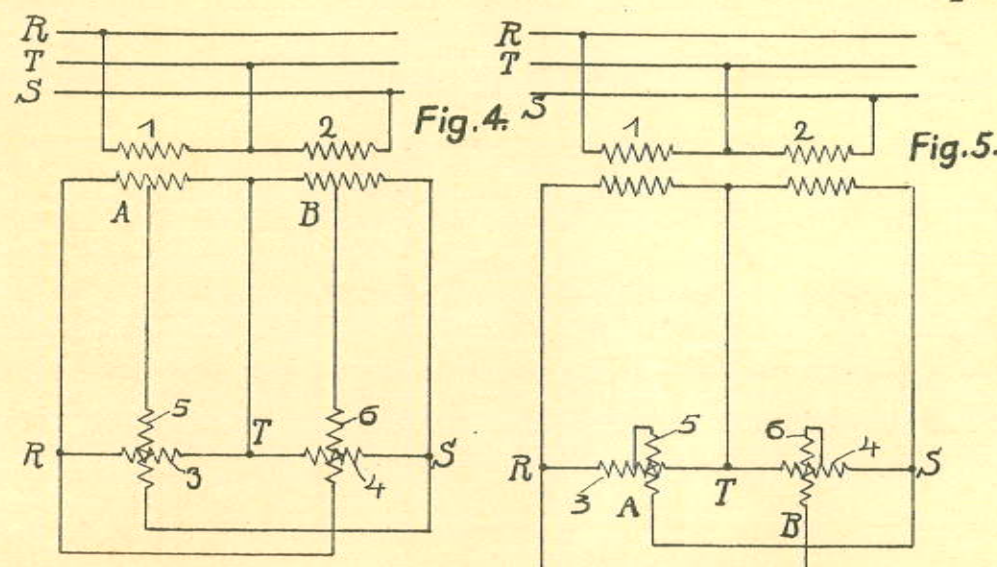
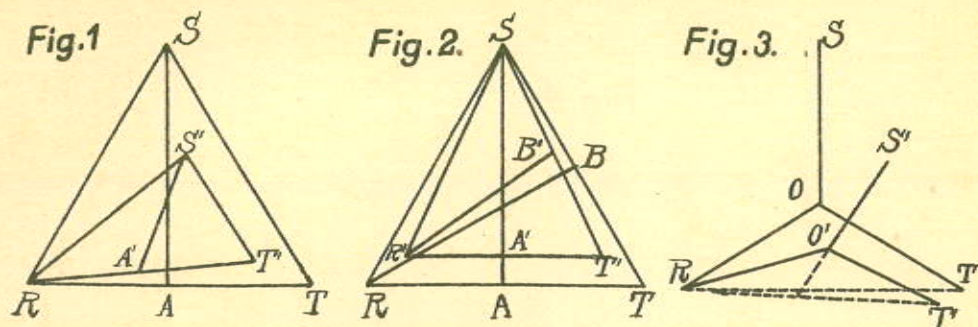
Der angegebene Hilfszeitkontakt kann aber auch mit den Hauptstromsolenoiden zusammengebaut und von denselben mechanisch oder elektrisch angetrieben werden. So kann dieser Kontakt von einem 55 Hilfstriebwerk mit Hemmung z. B. mit Windrad oder Wirbelstrombremse betätigt werden, welcher vom Hauptstromsolenoidkern bei seiner Bewegung in Schwung gesetzt wird.

Elektrisch kann das Hilfszeittriebwerk mittels einer Sekundärwicklung auf den Hauptstromsolenoid, welche auf einem besonderen stark gesättigten Eisenkern (wie bei den Stromwandlern mit Mehrfachkernen) angebracht ist, betätigt werden. Der stark gesättigte Eisenkern dieser Wicklung soll die 60 Kraftwirkung auf das Triebwerk des Hilfszeitkontaktes von der Höhe des Überstromes unabhängig machen. Fig. 10 zeigt als Beispiel die Schaltung eines vollständigen Selektivschutzes einer Drehstromleitung mit Hauptstromrelais, Richtungsrelais, ein zweipoliges Asymmetrirelais als Zeitgeber und ein zu diesem parallelgeschaltetes, getrenntes Zeitrelais.

Durch die Spannungswandler 16 ist das zweipolige Asymmetrirelais *AR* an die Drehstromleitung *RST* angeschlossen. An die Stromwandler 15 sind die Hauptstromrelais 19 und das Richtungsrelais *RR* angeschlossen. Parallel zu dem Asymmetrirelais *AR* liegt das Zeitrelais *ZR*, das durch einen besonderen Hilfsstromkreis 21 betätigt wird, der durch die Hilfskontakte 22 bei Betätigung irgendeines der Hauptstromrelais 19 geschlossen wird. Im Auslösestromkreis 20, der den Ölschalter 17 betätigt, liegen in Serie die zueinander parallelgeschalteten Asymmetrie- und Zeitrelais *AR* und *ZR*, das Richtungsrelais *RR* und die Hauptschließkontakte der Hauptstromrelais 19.

PATENT-ANSPRÜCHE:

1. Relais zum Anzeigen von Störungen in elektrischen Mehrphasenanlagen, welches durch die bei einer Störung eintretende Verzerrung des von den Spannungen des Systems gebildeten Spannungsvielecks betätigt wird, dadurch gekennzeichnet, daß in einem elektrodynamischen oder Induktionstriebwerk durch zwei vom Spannungsvieleck beliebig und ohne Erdverbindung entnommene Spannungen zwei verkettete Felder erzeugt werden, welche bei unverzerrtem Spannungsvieleck ein Drehmoment gleich Null ergeben, welches aber bei eingetretener Störung mit Deformierung des Spannungsvielecks von Null verschieden ist.
2. Abgeänderte Ausführungsform des Relais nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das durch die beiden Felder erzeugte Drehmoment in ungestörtem Betriebszustand ein Maximum ist und durch ein Gegendrehmoment ausgeglichen ist.
3. Relais nach Anspruch 1 und 2 für Drehstrom, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Feldwicklung des Relais an zwei beliebige Phasen und die zweite Feldwicklung an die dritte Phase und den elektrischen Mittelpunkt der zwei anderen Phasen angeschlossen ist.
4. Relais nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Anschluß der zweiten Feldwicklung an die Mitte der ersten Feldwicklung erfolgt.
5. Relais nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigung der vom Relais gesteuerten Vorrichtung (Schalter usw.) durch eine vom Relais triebwerk verdrehte Achse erfolgt, auf der sich eine mit der zu betätigenden Vorrichtung verbundene Schnur aufwickelt.
6. Relais nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß es mit einem zweiten an eine andere Phasengruppe angeschlossen Relais mechanisch oder elektrisch gekuppelt ist.
7. Relais nach den Ansprüchen 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse beider Relais triebwerke durch eine Schnur verbunden ist, die über eine in der zu betätigenden Vorrichtung gelagerte Rolle läuft.
8. Relais nach den Ansprüchen 1, 3 und 4 in Induktionsbauart, dadurch gekennzeichnet, daß sein Laufwerk nur durch die Wechselfelder der Relais-Triebkerne gebremst wird.
9. Selektivschutzanlage mit Relais nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu dem Schließkontakt des Asymmetrirelais der Schließkontakt eines Zeitrelais liegt, dessen Schlußzeit gleich der für den geschützten Netzteil höchst zulässigen Störungsdauer ist.
10. Selektivschutzanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Hilfszeitrelais durch das Ansprechen eines der Hauptstromrelais betätigt wird.
11. Selektivschutzanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptstromrelais Sekundärwicklungen tragen, die den elektrischen Antrieb des Hilfszeitrelais bewirken.
12. Differentialschutzanlage, dadurch gekennzeichnet, daß an die Ein- und Auslaufseite der geschützten Anlage je ein Relais nach den Ansprüchen 1 bis 7 angeschlossen ist, derart, daß bei gleichsinniger Verzerrung der Anschlußsysteme die einzelnen Relais entgegengesetzt gerichtete Drehsinne bekommen und diese Relais gekuppelt oder sonstwie mechanisch verbunden sind, so daß bei gleicher Asymmetrie auf der Ein- und Auslaufseite ein Ausgleich der Drehwirkungen der einzelnen Relais erfolgt und keine Schaltungen bewirkt werden.
13. Abgeänderte Ausführungsform des Differentialschutzes nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Feldwicklung eines Relais an eine von der Einlaufseite entnommene Spannung und die zweite Feldwicklung an eine von der Auslaufseite entnommene Spannung angeschlossen ist, und diese Anschlußspannungen so gewählt sind, daß unter Berücksichtigung der natürlichen oder künstlichen Phasenverschiebung der Felder im Relais gegenüber die sie erzeugenden Anschlußspannungen, in ungestörtem Betriebszustand zwischen diesen Feldern ein Phasenwinkel von 90° bei elektrodynamischen Apparaten bzw. 0° oder 180° bei Ferraris-Apparaten besteht, so daß keine Wirkung erfolgt.
14. Relais nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Triebwerksscheibe nicht drehbar an einem schwingenden Arm (Hebel) befestigt ist.
15. Relais nach den Ansprüchen 1 bis 8 und 14 zum Schutze von Generatoren gegen Windungsschluß, von Motoren und von an Spannungswandlern angeschlossenen Einrichtungen gegen Ausbleiben einer Phase, dadurch gekennzeichnet, daß das Relais an die Generatorklemmen, an die Motorzuleitungen bzw. an die Anschlußklemmen der von den Spannungswandlern gespeisten Einrichtungen, angeschlossen ist.
16. Relais nach Anspruch 15 zum Schutz von Motoren gegen Überstrom und Ausbleiben einer Phase, dadurch gekennzeichnet, daß in zwei der Motorzuleitungen vor den Anschlußpunkten des Relais je eine Drosselspule eingeschaltet ist.



symmetrierelais AR an die Drehstromleitung
stromrelais 19 und das Richtungsrelais RR
as Zeitrelais ZR , das durch einen besonderen
e 22 bei Betätigung irgendeines der Haupt-
er den Ölschalter 17 betätigt, liegen in Serie
relais AR und ZR , das Richtungsrelais RR

HE:

ien Mehrphasenanlagen, welches durch die
nungen des Systems gebildeten Spannungs-
n elektrodynamischen oder Induktionstrieb-
Erdverbindung entnommene Spannungen
erstem Spannungsviereck ein Drehmoment
g mit Deformierung des Spannungsvierecks

spruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das
tem Betriebszustand ein Maximum ist und

h gekennzeichnet, daß die eine Feldwicklung
ung an die dritte Phase und den elektrischen

3 der eine Anschluß der zweiten Feldwicklung

zeichnet, daß die Betätigung der vom Relais
elaistriebwerk verdrehte Achse erfolgt, auf
lene Schnur aufwickelt.

nzeichnet, daß es mit einem zweiten an eine
ler elektrisch gekuppelt ist.

nzeichnet, daß die Achse beider Relaistrieb-
etätigenden Vorrichtung gelagerte Rolle läuft.
tionsbauart, dadurch gekennzeichnet, daß
kerne gebremst wird.

is 8, dadurch gekennzeichnet, daß parallel
ntakt eines Zeitrelais liegt, dessen Schluß-
gen Störungsdauer ist.

kenzeichnet, daß das Hilfszeitrelais durch

geennzeichnet, daß die Hauptstromrelais
es Hilfszeitrelais bewirken.

, daß an die Ein- und Auslaufseite der
7 angeschlossen ist, derart, daß bei gleich-
elais entgegengesetzt gerichtete Drehsinne
anisch verbunden sind, so daß bei gleicher
Drehwirkungen der einzelnen Relais erfolgt

nutzes nach Anspruch 12, dadurch gekenn-
ler Einlaufseite entnommene Spannung und
mene Spannung angeschlossen ist und diese
ung der natürlichen oder künstlichen Phasen-
enden Anschlußspannungen, in ungestörtem
von 90° bei elektrodynamischen Apparaten
eine Wirkung erfolgt.

nzeichnet, daß die Triebwerksscheibe nicht

Schutze von Generatoren gegen Windungs-
chlossenen Einrichtungen gegen Ausbleiben
Generatorklemmen, an die Motorzuleitungen
gespeisten Einrichtungen, angeschlossen ist.
ren gegen Überstrom und Ausbleiben einer
ungen vor den Anschlußpunkten des Relais