



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 663 298 A5

⑤① Int. Cl.⁴: H 02 H 7/06
H 02 H 3/32
H 02 H 3/16

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 6400/83

⑦③ Inhaber:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,
Baden

㉔ Anmeldungsdatum: 30.11.1983

㉔ Patent erteilt: 30.11.1987

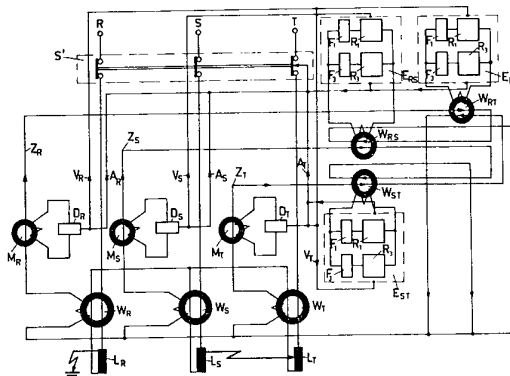
④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 30.11.1987

⑦② Erfinder:
Maier, Franz, Dr., Wettingen

⑤④ Einrichtung zum Schutz mehrphasiger elektrischer Maschinen.

⑤⑦ Diese Einrichtung ist zum Schutz mehrphasiger elektrischer Maschinen mit Wicklungssträngen (L_R , L_S , L_T) in Sternschaltung vor Fehlerströmen vorgesehen. Sie weist ein erstes Relais (R_1) auf, welches auf einen Fehler einer der Wicklungsstränge im sternpunktfernen Bereich des fehlerbehafteten Wicklungsstranges (z.B. L_R) anspricht, und ein zweites Relais (R_3) welches auf einen Fehler einer der Wicklungsstränge im sternpunktnahen Bereich des fehlerbehafteten Wicklungsstranges (L_R) anspricht. Mit dieser Anordnung soll im Fehlerfall in einfacher Weise sowohl der mit einem Erdschluss behaftete Wicklungsstrang (z.B. L_R) ermittelt werden als auch der Ort dieses Erdschlusses in diesem Wicklungsstrang. Dies wird dadurch erreicht, dass jeder Phase (z.B. R) ein erster Differenzstromwandler (z.B. W_R) und jeder Kombination von zwei der Phasen (z.B. R, S) ein zweiter Differenzstromwandler (z.B. W_{RS}) zugeordnet ist. Hierbei sind die Primärwicklungen der zweiten Differenzstromwandler (z.B. W_{RS}) von mit entgegengesetztem Richtungssinn angeordneten Fehlerstrom-Messkreisen (z.B. Z_R, Z_S) gebildet, in welche die Sekundärwicklungen der ersten Differenzstromwand-

ler (z.B. W_R, W_S) der zugeordneten Phasen (z.B. R, S) geschaltet sind.



PATENTANSPRÜCHE

1. Einrichtung zum Schutz mehrphasiger elektrischer Maschinen mit Wicklungssträngen (L_R , L_S , L_T) in Sternschaltung vor Fehlerströmen mit einem ersten Relais (R_1), welches auf einen Fehler einer der Wicklungsstränge im sternpunktfernen Bereich des fehlerbehafteten Wicklungsstranges (z.B. L_R) anspricht, und mit einem zweiten Relais (z.B. R_3), welches auf einen Fehler einer der Wicklungsstränge im sternpunktnahen Bereich des fehlerbehafteten Wicklungsstranges (z.B. L_R) anspricht, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Phase (z.B. R) ein von den verbleibenden Phasen (z.B. S, T) unabhängiger erster Differenzstromwandler (z.B. W_R) zugeordnet ist, dessen Primärwicklung von den Stromanschlüssen des mit dieser Phase (z.B. R) verbundenen Wicklungsstranges (z.B. L_R) gebildet ist, und dessen Sekundärwicklung in einen Fehlerstrom-Messkreis (z.B. Z_R) geschaltet ist, und dass jeder Kombination von je zwei Phasen (z.B. R, S) ein von den verbleibenden Phasen (z.B. T) unabhängiger zweiter Differenzstromwandler (z.B. W_{RS}) mit einer Primärwicklung zugeordnet ist, welche von den mit entgegengesetztem Richtungssinn angeordneten Fehlerstrom-Messkreisen (z.B. Z_R , Z_S) der zugeordneten Phasen (z.B. R, S) gebildet ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fehlerstrom-Messkreise (Z_R , Z_S , Z_T) als Stern geschaltet sind.

3. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärwicklungen der zweiten Differenzstromwandler (z.B. W_{RS}) jeweils an den Eingang einer Erdschluss-Schutzeinrichtung (z.B. E_{RS}) gelegt sind, und dass parallel zum Eingang der Erdschluss-Schutzeinrichtung (z.B. E_{RS}) jeweils eine Serienschaltung eines Tiefpassfilters (F_1) mit dem ersten Relais (R_1) sowie eines Hochpassfilters (F_3) mit dem zweiten Relais (R_3) angeordnet ist.

4. Einrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Fehlerstrom-Messkreis (z.B. Z_R) die Primärwicklung eines induktiven Messwandlers (z.B. M_R) bildet, dessen Sekundärwicklung oberhalb eines vorgegebenen Schwellwertes des gemessenen Fehlerstroms ein zum Kurzschlusschutz vorgesehenes Differentialrelais (z.B. D_R) aktiviert.

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einer Einrichtung zum Schutz mehrphasiger elektrischer Maschinen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Mit diesem Oberbegriff nimmt die Erfindung auf einen Stand der Technik von Einrichtungen zum Schutz von mehrphasigen elektrischen Maschinen Bezug, wie er im Artikel «Performance of third harmonic ground fault protection schemes for generator stator windings» von R.L. Schlake et al. in IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, Nr. July 1981, S. 3195 ff. beschrieben ist. Bei dieser Einrichtung ist der Sternpunkt der Wicklungsstränge eines auf Erdschluss zu überwachenden Generators an die Primärseite eines Erdungstransformators angeschlossen. Auf der Sekundärseite des Erdungstransformators ist eine Bürde vorgesehen, zu welcher zwei Relais je für sich parallelgeschaltet sind. Das eine der beiden Relais ist auf der Grundfrequenz der Generatorspannung abgestimmt und dient zur Erfassung von Erdschlüssen im sternpunktfernen Bereich der Wicklungsstränge, wohingegen das andere der beiden Relais auf die dritte Oberwelle der Generatorspannung abgestimmt ist und zur Erfassung von Erdschlüssen im sternpunktnahen Bereich der Wicklungsstränge dient. Der Wert der dritten Oberwelle der Generatorspannung ist jedoch sowohl von der Konstruktion des Generators als auch von dessen Betriebszustand, d.h. seiner Blind- und/oder Wirk-

leistung, abhängig. Bei grossen Wirkleistungen kann der Wert der dritten Oberwelle der Generatorspannung ein Vielfaches des bei einer vergleichsweise geringen Wirkleistung auftretenden Wertes dieser Spannung sein. Es besteht daher die Schwierigkeit, das auf die dritte Oberwelle der Generatorspannung abgestimmte Relais zur Erfassung von Erdschlüssen im sternpunktnahen Bereich der Wicklungsstränge derart an den zu schützenden Generator anzupassen, dass der in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Generators sich erheblich verändernde Wert der dritten Oberwelle der Generatorspannung keinen Einfluss auf das Ansprechvermögen dieses Relais ausübt und Fehlauflösungen mit Sicherheit vermieden werden.

Die Erfindung wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, löst die Aufgabe, eine Einrichtung der gattungsgemässen Art anzugeben, welche in einfacher Weise sowohl den von einem Erdschluss behafteten Wicklungsstrang ermittelt als auch den Ort dieses Erdschlusses in diesem Wicklungsstrang selektiert.

Die Aufgabe wird in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs gemäss dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Fehlerortung eines Erdschlusses in der Wicklung einer mehrphasigen elektrischen Maschine sowohl hinsichtlich der Lage des fehlerbehafteten Wicklungsstranges als auch hinsichtlich der Lage der Fehlerortes auf diesem Wicklungsstrang möglich ist. Darüber hinaus weist die erfindungsgemässe Einrichtung auch bei einem Erdschluss im Sternpunkt eine hohe Ansprechempfindlichkeit unabhängig vom Betriebszustand (Belastungsstrom) der mehrphasigen elektrischen Maschine auf und bietet bei Bedarf zudem die Möglichkeit, eine mehrphasige elektrische Maschine sowohl vor Kurz- als auch vor Erdschlussströmen wirkungsvoll zu schützen.

Aus dem Zeitschriftenaufsatz «Der Generator-Erdschluss-Schutz» von H. Stalder in Brown Boveri Mitt., Dez. 1944, S. 392 ist zwar eine Schutzeinrichtung für einen Drehstromgenerator bekannt, bei der die Lage des Wicklungsstranges, in dem ein Erdschluss eintritt, mittels eines dreipoligen wattmetrischen Relais festgestellt wird. Die Lokalisierung des diesen Erdschluss bedingenden Fehlerortes innerhalb des fehlerbehafteten Wicklungsstranges ist mit dieser Schutzeinrichtung jedoch nicht möglich.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Hierbei zeigt die einzige Figur ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemässen Fehlerstrom-Schutzeinrichtung.

Die in der Figur dargestellte Fehlerstrom-Schutzeinrichtung weist drei identische Differenzstromwandler W_R , W_S und W_T mit Ringkernen auf, welche jeweils gegensinnig von den als Primärwicklungen wirkenden Zuleitungen jeweils eines von drei als Stern geschalteten Wicklungssträngen L_R , L_S und L_T einer elektrischen Maschine durchdrungen sind. Diese Maschine kann beispielsweise ein über einen Schalter S' an ein Drehstromnetz mit den Phasen R, S, T schliessbarer Elektromotor, aber auch ein Transformator oder ein Generator sein. Die Sekundärwicklungen der Differenzstromwandler W_R , W_S und W_T sind jeweils in einem Fehlerstrom-Messkreis Z_R , Z_S und Z_T angeordnet. Jeder dieser Messkreise durchdringt der Reihe nach jeweils einen Ringkern eines von drei identischen induktiven Stromwandlern M_R , M_S und M_T sowie jeweils zwei Ringkerne von drei identischen weiteren Differenzstromwandlern W_{RS} , W_{RT} und W_{ST} . Hierbei sind die Fehlerstrom-Messkreise Z_R , Z_S und Z_T so geführt, dass zwei Messkreise jeweils den Ringkern eines der Differenzstromwandler W_{RS} , W_{RT} und W_{ST} — wie in der Figur durch Pfeile angegeben ist — gegensinnig durchdringen. Der Gegensatz von gegebenenfalls in den Fehlerstrom-Messkreisen fliessenden Strömen wird dadurch erzeugt, dass die Sekundärwicklungen der Differenzstromwandler W_R , W_S und W_T als Stern geschaltet sind. Die Ringkerne der Differenzstromwandler

W_{RS} , W_{RT} und W_{ST} werden der Reihe nach gegensinnig von den Messkreis-Paaren Z_R - Z_S , Z_R - Z_T und Z_S - Z_T durchsetzt.

Die Sekundärwicklungen der Stromwandler M_R , M_S und M_T sind der Reihe nach an nicht dargestellte Erregerorgane von identischen Differentialrelais D_R , D_S und D_T angeschlossen, wohingegen die Sekundärwicklungen der Differenzstromwandler W_{RS} , W_{RT} und W_{ST} der Reihe nach mit identischen Einrichtungen E_{RS} , E_{RT} und E_{ST} zum Schutz von Erdschlüssen verbunden sind. Diese Einrichtungen E_{RS} , E_{RT} und E_{ST} weisen jeweils Tief- F_1 und Hochpassfilter F_3 sowie Relais R_1 und R_3 auf. Die Anschlüsse der Sekundärwicklungen der Differenzstromwandler W_{RS} , W_{RT} und W_{ST} sind jeweils einerseits über eines der Tiefpassfilter F_1 an eines der Relais R_1 und andererseits über eines der Hochpassfilter F_3 an eines der Relais R_3 angeschlossen.

Diese Fehlerstrom-Schutzeinrichtung wirkt nun wie folgt:

Im fehlerfreien Zustand verschwindet die Differenz des zu jedem der drei Wicklungsstränge L_R , L_S und L_T fließenden und des von diesem Wicklungsstrang zurückfließenden Stromes, so dass sich die Magnetfelder dieser Ströme in jedem der drei Differenzstromwandler W_R , W_S und W_T aufheben und die Differenzstromwandler W_R , W_S und W_T nicht angeregt werden. Die über die natürlichen Erdkapazitäten der jeweiligen Wicklungsstränge fließenden natürlichen Erdströme durchfluten jedoch die Differenzstromwandler W_R , W_S und W_T und verursachen in deren Sekundärwicklungen Ströme, welche über die Fehlerstrom-Messkreise Z_R , Z_S und Z_T die Messwandler M_R , M_S und M_T sowie die Differenzstromwandler W_{RS} , W_{RT} und W_{ST} primärseitig durchfluten. Da die Wicklungsstränge L_R , L_S und L_T annähernd gleiche natürliche Erdkapazitäten aufweisen, sind auch die natürlichen Erdströme der Wicklungen gleich. Wegen geeigneter Führung der Fehlerstrom-Messkreise Z_R , Z_S und Z_T durchfluten je zwei erdstromproportionale und bei schadenfreier Wicklung der Maschine gleich grosse Ströme jeden der Differenzstromwandler W_{RS} , W_{RT} und W_{ST} gegensinnig, so dass sich deren magnetische Wirkungen aufheben und die Differenzstromwandler W_{RS} , W_{RT} und W_{ST} bei schadenfreier Maschine keinen Sekundärstrom erzeugen.

Mindestens einer der Differenzstromwandler W_R , W_S und W_T spricht jedoch an, wenn in mindestens einer der Wicklungen L_R , L_S und L_T ein Fehlerstrom fließt. Ein solcher Fehlerstrom kann etwa durch einen Kurzschluss hervorgerufen werden. Besteht der Kurzschluss — wie in der Figur dargestellt ist — zwischen den Wicklungssträngen L_S und L_T , so bewirkt der die Differenzstromwandler W_S und W_T unkompensiert durchflutende Kurzschlussstrom in dessen Sekundärwicklungen Ströme, welche in den Fehlerstrom-Messkreisen Z_S und Z_T fließen und Signale hervorrufen, welche oberhalb eines beispielsweise beim 0,1- oder 0,2fachen des Nennstromes der zu schützenden Ma-

schine liegenden Schwellwertes eine Auslösung der Differentialrelais D_S und D_T verursachen. Die Differentialrelais D_S und D_T geben Auslösesignale A_S und A_T ab. Die Auslösesignale A_S und A_T bewirken die Öffnung des Schalters S' und damit die Unterbrechung der Stromzufuhr der elektrischen Maschine. Hingegen bewirken die Verriegelungssignale V_S und V_T eine Blockierung der Erdschluss-Schutzeinrichtung E_{RS} , E_{RT} und E_{ST} .

Weist einer der Wicklungsstränge L_R , L_S und L_T einen Isolationsfehler auf, so erhöht sich der bei schadenfreiem Wicklungsstrang infolge der natürlichen Erdkapazität des Wicklungsstranges fließende Erdstrom je nach Lage des Isolationsfehlers ganz beträchtlich. Da dieser Erdstrom den den schadhafte Wicklungsstrang überwachenden Differenzstromwandler unkompensiert durchflutet, spricht dieser Differenzstromwandler an. Ist dies etwa der Differenzstromwandler W_R , welcher gerade einen in der Figur dargestellten Erdschluss des Wicklungsstranges L_R detektiert, so tritt im Fehlerstrom-Messkreis Z_R ein Sekundärstrom auf, welcher den Messwandler M_R und die Differenzstromwandler W_{RT} und W_{RS} durchflutet. Da ein Fehlerstrom, welcher auf einem Erdschluss beruht um Größenordnungen kleiner als ein Fehlerstrom ist, welcher auf einem Kurzschluss beruht, bleibt das Differentialrelais D_R passiv und kann die Erdschluss-Schutzeinrichtungen E_{RS} , E_{RT} und E_{ST} nun nicht mehr durch Abgabe eines Verriegelungssignals V_R blockieren. Die durch den Erdstrom verursachten Sekundärströme der Differenzstromwandler W_{RS} und W_{RT} werden den Filtern F_1 und F_3 der Erdschluss-Schutzeinrichtungen E_{RS} und E_{RT} zugeführt. Befindet sich die Fehlerstelle in verhältnismässig grosser Entfernung vom Sternpunkt der Wicklungsstränge L_R , L_S und L_T , so herrscht dort der Einfluss der Grundwellenspannung der Phasen R , S und T vor und die Sekundärströme werden durch die an die Grundwellenfrequenz angepassten Tiefpassfilter F_1 hindurchtreten und die Relais R_1 anregen. Da nun die in den beiden Erdschluss-Schutzeinrichtungen E_{RS} und E_{RT} befindlichen Relais R_1 angeregt sind, ist angezeigt, dass der Fehler im Wicklungsstrang L_R in verhältnismässig grosser Entfernung vom Sternpunkt lokalisiert ist. Befindet sich die Fehlerstelle hingegen im sternpunktnahen Bereich des Wicklungsstranges L_R oder im Sternpunkt selbst, so wird der Fehlerstrom im wesentlichen durch die in den Phasen R , S und T vorhandene dritte Oberwelle getrieben und die Sekundärströme treten nun durch die auf die Frequenz der dritten Oberwelle abgestimmten Hochpassfilter F_3 der Erdschluss-Schutzeinrichtungen E_{RS} und E_{RT} hindurch und regen die Relais R_3 an. Da nun die in den beiden Erdschluss-Schutzeinrichtungen E_{RS} und E_{RT} befindlichen Relais R_3 angeregt sind, ist angezeigt, dass der Fehler im Wicklungsstrang L_R im Bereich des Sternpunktes oder im Sternpunkt selbst ist.

