

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. November 2005 (10.11.2005)

PCT

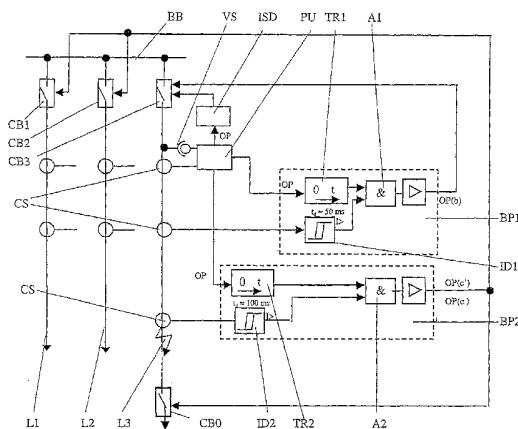
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/106911 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01H 47/00, 9/56
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2005/000232
- (22) Internationales Anmeldedatum:
26. April 2005 (26.04.2005)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2004 021 978.8 4. Mai 2004 (04.05.2004) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ABB TECHNOLOGY AG [CH/CH]; Affolternstrasse 44, CH-8050 Zürich (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MUELLER, Lorenz [DE/CH]; Rebergstr. 17, CH-5412 Gebenstorf (CH). STANEK, Michael [AT/CH]; Birkenweg 4B, CH-5412 Gebenstorf (CH).
- (74) Anwalt: ABB SCHWEIZ AG; Intellectual Property (CH-LC/IP), Brown Boveri Strasse 6, CH-5400 Baden (CH).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR INTERRUPTING A FAULT CURRENT OCCURRING IN AN A/C SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ABSCHALTEN EINES IN EINEM WECHSELSTROMNETZ AUFTRETENDEN FEHLERSTROMS



(57) Abstract: Disclosed are a method and a device for interrupting a fault current (I) occurring in an A/C system. According to said method, a switch-off command (OP) generated in a protective device (PU) to open a circuit-breaker (CB3) is fed to a synchronous control device (ISD) in which said switch-off command (OP) is delayed until the circuit-breaker (CB3) can be opened in synchrony with the system. In order to continue to ensure secure interruption of the fault current when the synchronous control device (ISD) is down, the following steps of the inventive method are carried out: the switch-off command (OP) output by the protective device (PU) as well as a fault current signal or a status signal (S) emitted by the circuit-breaker (CB3) are monitored, and an emergency switch-off command (OP(b)) is generated once the switch-off command has been issued in case the fault current signal or the status signal (S) continues to be applied following a delay period ($t_d=50$ ms) which is greater than the sum of the inherent delay of the circuit-breaker and the time required for quenching an arc generated during opening of the circuit-breaker. The disclosed device comprises a fail-safe mechanism (BP1, BP2) in which said steps are carried out.

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung dienen dem Abschalten eines in einem Wechselstromnetz auftretenden Fehlerstroms (I). Bei Durchführung des Verfahrens wird ein in einem Schutzgerät (PU) erzeugter Ausschaltbefehl (OP) zum Öffnen eines Leistungsschalters (CB3) einem Synchronsteuergerät

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/106911 A1



PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(ISD) zugeführt, in dem der Schaltbefehl (OP) solange zurückgehalten wird, bis der Schalter (CB3) netzsynchron geöffnet werden kann. Um bei defektem Synchronsteuergerät (ISD) noch ein sicheres Abschalten des Fehlerstroms zu gewährleisten, führt das Verfahren folgende Schritte aus: Überwachen des vom Schutzgerät (PU) ausgegebenen Ausschaltbefehls (OP) sowie eines Fehlerstromsignals oder eines vom Schalter (CB3) abgegebenen Statussignals (S), und Bilden eines Notausschaltbefehls (OP(b)), falls das Fehlerstromsignal oder das Statussignal (S) nach Abgabe des Ausschaltbefehls (OP) noch nach einer Verzögerungszeit ($t_d=50$ ms) anstehen, welche grösser ist als die Summe von Eigenzeit des Schalters und Zeit zum Löschen eines beim Öffnen des Schalters erzeugten Schaltlichtbogens. Die Vorrichtung weist einen Ausfallschutz (BP1, BP2) auf, in dem diese Schritte ausgeführt werden.

Verfahren und Vorrichtung zum Abschalten eines in einem Wechselstromnetz
auftretenden Fehlerstroms

TECHNISCHES GEBIET

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem Verfahren zum Abschalten eines in einem Wechselstromnetz auftretenden Fehlerstroms nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie von einer Vorrichtung zum Abschalten dieses Stroms nach dem Oberbegriff von Anspruch 5. Das Verfahren und die Vorrichtung werden im allgemeinen in Hochspannungsnetzen eingesetzt, können ohne weiteres aber auch in Mittel- oder Niederspannungsnetzen eingesetzt werden.

Beim Auftreten eines Fehlerstroms im Netz generiert das vorgenannte Verfahren in einem Schutzgerät einen Ausschaltbefehl zum Öffnen eines Schalters. Dieser Befehl wird sodann einem Synchronsteuergerät zugeführt, in dem er so lange zurückgehalten wird, bis ein netzsynchrones Öffnen des im Netz vorgesehenen Schalters möglich ist. Netzsynchrones Schalten bedeutet hierbei, dass die Kontakte des Schalters unter Bildung eines Schaltlichtbogens zeitverzögert erst an einem Zeitpunkt geöffnet werden, ab dem die im Schaltlichtbogen umgesetzte elektrische Leistung zwischen Öffnungszeitpunkt und Unterbrechen des Stroms in einem Stromnulldurchgang möglichst klein ist.

Eine hierbei verwendete Vorrichtung umfasst sowohl das Schutzgerät als auch das Synchronsteuergerät.

STAND DER TECHNIK

Mit dem Oberbegriff nimmt die Erfindung auf einen Stand der Technik von Verfahren und Vorrichtungen zum netzsynchronen Schalten von Fehlerströmen Bezug, wie er in CH 443 443 A und EP 938 114 A1 beschrieben ist.

Bei einem in CH 443 443 A beschriebenen Verfahren zum Abschalten eines in einem Wechselstromnetz auftretenden Fehlerstroms wird der Ausschaltbefehl zum Öffnen eines Hochspannungs-Leistungsschalters solange zurückgehalten, bis der mit der Netzfrequenz schwingende Strom nach dem Durchlaufen eines Strommaximums die Tendenz hat, zu sinken und unter einen Grenzwert abgefallen

ist. Dadurch wird es möglich, Kurzschlüsse mit hohen Stromamplituden abzuschalten, ohne dass diese zur Auswirkung kommen und den Schalter in unzulässiger Weise mechanisch, elektrisch und/oder thermisch belasten.

Eine aus EP 938 114 A1 vorbekannte Vorrichtung zum netzsynchronen Ausschalten eines in einem Hochspannungs-Wechselstromnetz angeordneten Leistungsschalters weist ein das netzsynchrones Ausschalten des Schalters steuerndes Gerät auf sowie ein übergeordnetes Schutzgerät, das beim Auftreten eines Fehlerstroms einen Befehl zum Ausschalten des Schalters abgibt. Das Steuergerät ist in der Lage, den Fehlerstrom zu erkennen und unter Berücksichtigung der Eigenzeit des Schalters und des nächsten Stromnulldurchgangs des Fehlerstroms eine Vorhaltezeit zu errechnen, nach deren Ablauf der Ausschaltbefehl an den Schalter geführt und dieser netzsynchron ausgeschaltet wird.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindung, wie sie in den Patentansprüchen 1 bis 7 definiert ist, löst die Aufgabe, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, welche sich jeweils durch hohe Betriebssicherheit auszeichnen.

Beim Verfahren nach der Erfindung wird diese hohe Betriebssicherheit durch Ausführen der nachfolgend angegebenen Verfahrensschritte erreicht: Überwachen des vom Schutzgerät abgegebenen Ausschaltbefehls sowie des Fehlerstroms oder eines vom Schalter abgegebenen Statussignals, und Bilden eines ersten Notausschaltbefehls, falls der Fehlerstrom oder das Statussignal nach Abgabe des Ausschaltbefehls noch nach einer ersten Verzögerungszeit anstehen, welche grösser ist als die Summe von Eigenzeit des Schalters und Zeit zum Löschen eines beim Öffnen des Schalters erzeugten Schaltlichtbogens.

Mit dem Verfahren nach der Erfindung kann auch dann noch sicher ausgeschaltet werden, wenn das Synchronsteuergerät defekt ist, da ein geeignet ausgebildeter Ausfallschutz den Defekt rasch erkennen und das Ausschalten nach Ablauf einer geringen ersten Verzögerungszeit leicht realisieren kann. Nach Ablauf der ersten Verzögerungszeit ist ein im Fehlerstrom vorhandener Gleichstromanteil verringert. Mechanische, thermische und elektrische Belastung des Schalters beim

Ausschalten infolge Fehlerstrom- und Schaltlichtbogeneinwirkung werden so erheblich reduziert. Dadurch werden starke Abnutzung des Schalters und dessen vorzeitige Alterung vermieden.

Reduziert sich der Gleichstromanteil des Fehlerstroms, wie in Hochspannungsnetzen zulässig, mit einer Zeitkonstante von 45 ms, so sind nach einer ca. 30 bis 70 ms betragenden Verzögerungszeit die Maxima der Stromamplituden bereits soweit verringert, dass der Schalter keinen übermässig hohen Belastungen mehr ausgesetzt ist.

Es empfiehlt sich, das Verfahren derart weiterzubilden, dass der vom Schutzgerät abgegebene Ausschaltbefehl sowie die Amplitude des Fehlerstroms auch nach Ablauf der ersten Verzögerungszeit weiter überwacht werden, und dass unabhängig vom ersten ein zweiter Notausschaltbefehl gebildet wird, falls der Fehlerstrom nach Abgabe des Ausschaltbefehls noch nach einer zweiten Verzögerungszeit ansteht, welcher grösser ist, als die erste. Durch diese zusätzlichen Verfahrensschritte ist ein selektiver Ausfallschutz gewährleistet, der unterscheiden kann zwischen defektem Synchronsteuergerät und defektem Schalter.

Eine ausreichend gute Selektion lässt sich mit einer ca. 50 bis 150 ms betragenden Verzögerungszeit erreichen. Die Maxima der Stromamplituden sind dann bereits soweit verringert, dass ein anstelle des defekten Schalters betätigter Reserveschalter lediglich geringen Belastungen ausgesetzt ist.

Bei der Vorrichtung nach der Erfindung ist ein Ausfallschutz vorgesehen, der durch Abgabe eines Notausschaltbefehls bei defektem Synchronsteuergerät ein sicheres Abschalten des Fehlerstroms gewährleistet. Dieser Ausfallschutz kann lässt sich mit einfachen Mitteln realisieren und kann leicht in das bereits vorhandene Schutzgerät integriert werden.

Für das defekte Synchronsteuergerät enthält der Ausfallschutz eine erste Schutzvorrichtung mit den nachfolgend aufgeführten, einfach zu realisierenden Komponenten:

einen ersten Eingang zum Erfassen des Ausschaltbefehls und einen zweiten Eingang zum Erfassen eines Fehlerstromsignals oder des Statussignals,

ein dem ersten Eingang nachgeschaltetes erstes Verzögerungselement mit einer ersten Verzögerungszeit, die die Summe von Eigenzeit des Schalters und Zeit zum Löschen eines beim Öffnen des Schalters erzeugbaren Schaltlichtbogens übertrifft, ein den verzögerten Ausschaltbefehl und das Fehlerstromsignal oder das Statussignal logisch miteinander verknüpfendes erstes UND-Element, und einen auf den Schalter wirkenden Ausgang, an dem nach Ablauf der ersten Verzögerungszeit der Notausschaltbefehl ansteht.

Für den defekten Schalter enthält der Ausfallschutz eine zweite Schutzvorrichtung mit ebenfalls leicht zu realisierenden Komponenten. Diese Komponenten sind die folgenden:

ein erster Eingang zum Erfassen des Ausschaltbefehls und ein zweiter Eingang zum Erfassen des Fehlerstromsignals,
ein dem ersten Eingang nachgeschaltetes zweites Verzögerungselement mit einer zweiten Verzögerungszeit, die die Summe von Eigenzeit des Schalters und Zeit zum Löschen eines beim Öffnen des Schalters erzeugbaren Schaltlichtbogens übertrifft,
ein den verzögerten Ausschaltbefehl und das Fehlerstromsignal logisch miteinander verknüpfendes zweites UND-Element, und
ein auf einen weiteren Schalter wirkender Ausgang, an dem nach Ablauf der zweiten Verzögerungszeit der Notausschaltbefehl ansteht.

BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung und die damit erzielbaren weiteren Vorteile werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigt:

Fig.1 ein Blockschaltbild einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung zum Abschalten eines in einem Hochspannung führenden Wechselstromnetz von 50 Hz auftretenden Fehlerstroms mit einem Leistungsschalter CB1, einem Schutzgerät PU zur Erzeugung eines auf den Schalter wirkenden Ausschaltbefehls, einem Synchronsteuergerät ISD und einem Ausfallschutz mit einer Schutzvorrichtung BP1 für das Synchronsteuergerät und einer Schutzvorrichtung BP2 für den Leistungsschalter,

- Fig.2 ein Blockschaltbild einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemässen synchronen Abschaltvorrichtung, welche gegenüber der Ausführungsform gemäss Fig.1 eine geänderte Schutzvorrichtung BP1 aufweist,
- Fig.3 den in Funktion der Zeit t erfolgenden Ablauf von Ereignissen beim Auftreten und Abschalten eines Fehlerstroms in den Vorrichtungen nach den Figuren 1 und 2, bei
(a) intaktem Synchronsteuergerät ISD,
(b) defektem Synchronsteuergerät ISD, sowie
(c) defektem Leistungsschalter, und
- Fig.4 ein Diagramm, in dem die Amplitude des in Netz geführten Fehlerstroms I [A] in Abhängigkeit von der Zeit t [s] dargestellt ist, und die Zeitpunkte angegeben sind, an denen die in Fig.3 dargestellten Ereignisse realisiert sind.

WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

In allen Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen auch gleichwirkende Teile. Die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Vorrichtungen dienen dem Abschalten eines in einer Leitung L1, L2 oder L3 geführten Stroms. Jede der drei Leitungen L1, L2 bzw. L3 ist über einen Leistungsschalter CB1, CB2 bzw. CB3 mit einer Sammelschiene BB verbunden. Wie aus den beiden Figuren ersichtlich ist, tritt an der Leitung L3 ein durch einen gezackten Pfeil markierter Fehler auf. Dieser Fehler führt zu dem in Fig.4 dargestellten Fehlerstrom I . Von einem Stromsensor CS sowie einem Spannungssensor VS fortlaufend detektierte Strom- und Spannungssignale werden dem mit den Ausgängen beider Sensoren in Wirkverbindung stehenden Schutzgerät PU zugeführt. Dieses Schutzgerät identifiziert aus den zugeführten Signalen den Fehler und bildet einen Ausschaltbefehl OP, welcher je nach Art des Fehlers lediglich ein Öffnen des Schalters CB3 bewirkt.

Ersichtlich stehen die Ausgänge des Schutzgeräts PU in Wirkverbindung mit dem Synchronsteuergerät ISD, der Schutzvorrichtung BP1 für das Synchronsteuergerät und der Schutzvorrichtung BP2 für den Schalter. Daher wird der Ausschaltbefehl

OP sowohl an das Synchronsteuergerät ISD wie auch an die beiden Schutzgeräte BP1 und BP2 des Ausfallschutzes geführt.

Das Synchronsteuergerät ISD weist eine Logik auf, welche den Ausschaltbefehl unter Berücksichtigung der Schaltereigenzeit und eines Nulldurchgangs des Stroms so lange zurückhält bis ein netzsynchrones Öffnen des Schalters möglich ist. Es wird so dazu beigetragen, dass Schaltüberspannungen und unerwünscht hohe mechanische, thermische und/oder elektrische Belastungen des Schalters vermieden werden. Um grösstmögliche Betriebssicherheit zu gewährleisten, weist das Synchronsteuergerät ISD einen nicht dargestellten Selbstschutz auf, welcher verhindert, dass unerwünschte Ausschaltbefehle zum Schalter gelangen.

Die Schutzvorrichtung BP1 des Ausfallschutzes bewirkt auch bei defektem Synchronsteuergerät ISD noch ein wirksames Ausschalten des Schalters CB3. Sie weist zwei Eingänge auf. Der erste Eingang erfasst den Ausschaltbefehl OP. Der zweite Eingang erfasst entweder - wie auch das Schutzgerät PU - ein Fehlerstromsignal (Ausführungsform gemäss Fig.1, bei der ein weiterer Stromsensor CS zur Detektion des Fehlerstrom vorgesehen ist) oder ein Statussignal S des Schalters CB3 (Ausführungsform gemäss Fig.2, bei der das Statussignal S - Schalter CB3 geschlossen - an die Schutzvorrichtung BP1 geführt ist).

Bei der Ausführungsform nach Fig.1 wird das zugeführte Fehlerstromsignal in einem Detektor ID1 der Schutzvorrichtung BP1 auf Grenzwertüberschreitung überwacht und als Fehlerstromsignal $I >$ an einen Eingang eines UND-Elements A1 geführt, wohingegen bei der Ausführungsform nach Fig.2 das Statussignal S ohne Schwellwertdetektor direkt an den Eingang des UND-Elementes A1 geführt wird. Im UND-Element A1 werden das Fehlerstromsignal $I >$ bzw. das Statussignal S jeweils mit dem vom Schutzgerät PU ausgegebenen Ausschaltbefehl OP verglichen. Der Ausschaltbefehl wurde zuvor in einem mit dem ersten Eingang verbundenen und dem UND-Element A1 vorgeschalteten Element TR1 zeitverzögert. Steht nach der UND-Verknüpfung am Ausgang der Schutzvorrichtung BP1 ein Signal an, so wirkt dieses Signal als Notausschaltbefehl OP(b) unmittelbar auf den Schalter CB3 und veranlasst dessen Öffnen. Die Zeitverzögerung t_d ist bestimmt durch die Summe von Schaltereigenzeit und Zeit, die zum Löschen des beim Öffnen des Schalters gebildeten Schaltlichtbogens notwendig ist, und überschreitet aus Sicherheitsgründen mit 50 ms die Summe dieser beiden Zeiten etwas.

Der Ausfallschutz stellt die Betriebssicherheit der Vorrichtungen nach den Figuren 1 und 2 auch dann sicher, wenn der Schalter CB3 defekt ist. In diesem Fall wird durch die Schutzvorrichtung BP2 des Ausfallschutzes noch ein wirksames Ausschalten ermöglicht. Wie dem Schutzgerät PU so wird nämlich auch der Schutzvorrichtung BP2 das von einem Stromsensor CS erfasste Stromsignal zugeführt. Dieses Stromsignal wird in einem Detektor ID2 der Schutzvorrichtung BP2 auf Grenzwertüberschreitung überwacht und an den Eingang eines UND-Elements A2 geführt, in dem es mit dem vom Schutzgerät PU ausgegebenen Ausschaltbefehl OP verglichen wird. Der Ausschaltbefehl wurde zuvor in einem dem UND-Element A2 vorgeschalteten Element TR2 zeitverzögert. Steht nach der UND-Verknüpfung am Ausgang der Schutzvorrichtung BP2 ein Signal an, so wirkt dieses Signal als Notausschaltbefehl OP(c') bzw. OP(c) unmittelbar auf die Schalter CB1 und CB2 bzw. auf den Schalter CB0 am anderen Ende der Leitung L3 und veranlasst deren Öffnen. Die Zeitverzögerung t_d ist bestimmt durch die Summe von Verzögerungszeit von TR2, Schaltereigenzeit und Lichtbogenzeit und überschreitet aus Sicherheitsgründen mit ca. 100 ms die vorgenannte Summe geringfügig.

Bei den in Fig.3 angegebenen Abläufen wurden in konservativer Weise eine Schaltereigenzeit (= opening time = Zeit zwischen Abgabe des Ausschaltbefehls und Kontaktöffnung) von 20 ms und eine maximale Lichtbogenzeit bei intaktem und bei defektem Schalter (= arcing time = Zeit zwischen Kontaktöffnung und Lichtbogenlöschung) von 25 ms angesetzt. Die vorgenannten Zeitverzögerungen t_d liegen jeweils dann nur noch knapp über den vorgenannten Summen. Zum Zeitpunkt 0 tritt der Fehlerstrom I auf. Mit den Bezugszeichen CCZ(a), CCZ(b) bzw. CCZ(c) sind Zeitpunkte bezeichnet, an denen der Fehlerstrom nach einem Stromnulldurchgang verschwunden ist. Dieses Verschwinden des Fehlerstroms wird durch Abschalten mit dem vorgenannten Schalter CB3 oder gegebenenfalls mit dem am anderen Ende der Leitung L3 befindlichen weiteren Schalter CB0 erreicht, wobei die Vorrichtung gemäss Fig.1 bzw. Fig.2 je nach Zustand von Synchronsteuergerät ISD und/oder Schalter CB3 in der Betriebsweise nach (a), (b) oder (c) arbeitet.

Im Fall (a), d.h. bei intaktem Synchronsteuergerät und intaktem Schalter, wird der Schalter CB3 geöffnet. Die Zeitpunkt CCZ(a) bestimmt sich durch die Summe von Eigenzeit (relais time) des Schutzgeräts PU, Eigenzeit (opening time) des Schalters CB3 sowie von Zeit, während der ein beim Ausschalten gezündeter

Schaltlichtbogen in der Schaltstrecke von CB3 brennt (arcing time). Ab dem Zeitpunkt CCZ(a) verfestigt sich die Schaltstrecke sehr rasch und kann die über der Schaltstrecke auftretende wiederkehrende Spannung rückzündungsfrei halten.

Wie dem in Fig.3 angegebenen Schaltverhalten für den Fall (b) entnommen werden kann, bei dem das Synchronsteuergerät defekt ist, ist der Zeitpunkt CCZ(b) bis zum Abschalten des Stroms bestimmt durch die Summe folgender Zeiten: die Eigenzeit (relais time) des Schutzgeräts PU, die Zeitverzögerung $t_d = 50$ ms des Verzögerungselements TR1, die Eigenzeit (opening time) des Schalters CB3 und die Zeit (arcing time), in der der beim Ausschalten gezündete Schaltlichtbogen in der Schaltstrecke des Schalters CB3 brennt. Ab dem Zeitpunkt CCZ(b) kann sich die Schaltstrecke regenerieren und kann dann die über der Schaltstrecke auftretende wiederkehrende Spannung rückzündungsfrei halten.

Bei dem in Fig.3 angegebenen Schaltverhalten für den Fall (c), ist der Schalter CB3 defekt. Der Zeitpunkt CCZ(c'), ab dem der Strom in den Leitungen L1 und L2 abgeschaltet ist, bestimmt sich durch die Summe folgender Zeiten: die Eigenzeit (relais time) des Schutzgeräts PU, die Zeitverzögerung $t_d = 100$ ms von TR2, die Eigenzeit (opening time) des Schalters CB1 resp. CB2 und die Zeit (arcing time), in der der beim Ausschalten gezündete Schaltlichtbogen in der Schaltstrecke des Schalters CB1 resp. CB2 brennt. Die Zeitpunkt CCZ(c), ab dem der Strom in der Leitung L3 abgeschaltet ist, ist hingegen bestimmt durch die Summen folgender Zeiten: die Eigenzeit (relais time) des Schutzgeräts PU, die Verzögerungszeit $t_d = 100$ ms von TR2, die Übertragungszeit zum Schutzgerät des Schalters CB0 und die Eigenzeit dieses Schutzgerätes (transmission+relais time), die Eigenzeit (opening time) des Schalters CB0 und die Lichtbogenzeit (arcing time), in der der beim Ausschalten gezündete Schaltlichtbogen in der Schaltstrecke des Schalters CB0 brennt. Ab dem Zeitpunkt CCZ (c') resp. CCZ(c) kann sich die Schaltstrecke der Schalter CB1, CB 2 bzw. der Schalter CB0 regenerieren und kann dann die über den Schaltstrecken auftretende wiederkehrende Spannung rückzündungsfrei gehalten werden.

Der in Fig.4 dargestellte Stromverlauf des Fehlerstroms I ist unsymmetrisch und ergibt sich durch Überlagerung eines von Netz gelieferten Wechselstroms konstanter Amplitude mit einem Gleichstrom, welcher wie in Hochspannungsnetzen noch zulässig mit einer Zeitkonstante von ca. 45 ms abklingt. In dieser Darstellung sind Stromnulldurchgänge durch Kreise und Maxima der Stromamplitude durch Kreuze bezeichnet. Mit O ist der Zeitpunkt genannt, an dem die Kontakte des

Schalters im ungünstigsten Fall öffnen, wenn kein Synchronsteuergerät ISD vorgesehen ist. Dieser Zeitpunkt liegt im dritten Strommaximum. Mit O(a) bzw. O(b) hingegen sind die Zeitpunkte bezeichnet, an denen die Kontakte des Schalters CB3 bei Betrieb der Vorrichtung gemäss (a) bzw. (b) öffnen.

Ersichtlich ist durch die Verwendung eines intakten Synchronsteuergeräts ISD sichergestellt (Fall (a)), dass durch verzögerte Abgabe des Ausschaltbefehls der Fehlerstrom bei der Kontakttrennung gegenüber dem Fehlerstrom beim Abschaltvorgang ohne Synchronsteuergerät beträchtlich reduziert ist. Hierdurch werden im Schalter durch elektromagnetische Kräfte hervorgerufene mechanische Belastungen und durch den Schaltlichtbogen erzeugte hohe Drücke und eine vorzeitige Abnutzung ganz wesentlich reduziert.

Im Fall (b), wenn also das Synchronsteuergerät ISD nicht verfügbar ist, öffnen sich die Kontakte des Schalters CB3 im ungünstigsten Fall im neunten Strommaximum. Ersichtlich ist dann wegen des Abklingens der Gleichstromkomponente der Gleichstromanteil schon stark herabgesetzt. Da die durch elektromagnetische Kräfte hervorgerufenen mechanischen Belastungen und die durch den Schaltlichtbogen erzeugten Drücke in erster Näherung proportional mit dem Quadrat des Stroms zunehmen, ist daher der Schalter dann verhältnismässig gering mechanisch belastet. Im vorgenannten Beispiel, wenn also der Ausfallschutz des Synchronsteuergeräts wirksam wird, reduzieren sich die Kräfte um ca. 56% (Vergleich des Stroms im 3. und 9. Strommaximum).

Eine noch höhere Reduktion der mechanischen Belastung des Schalters wird erreicht, wenn der Ausfallschutz für den Schalter CB3 wirksam wird.

Selbst wenn der Fehlerstrom mit einer Zeitkonstante von nur 60 ms abnimmt, so wie dies in Zukunft in Hochspannungsnetzen möglich sein wird, so kann immer noch mit einer Belastungsreduktion des Schalters von 56% gerechnet werden, wenn bei der Abschaltvorrichtung nach der Erfindung das Synchronsteuergerät ISD ausfällt.

BEZUGSZEICHENLISTE

CB1, CB2, CB3	Leistungsschalter
CB0	
L1, L2, L3	Leitungen
BB	Sammelschiene
CS	Stromsensoren
VS	Spannungssensor
PU	Schutzgerät
ISD	Synchronsteuergerät
BP1	Schutzvorrichtung für Ausfallschutz Synchronsteuergerät
BP2	Schutzvorrichtung für Ausfallschutz Schalter CB3
ID1, ID2	Stromgrenzwert-Detektoren
A1, A2	UND-Elemente
TR1, TR2	Verzögerungselemente
I	Fehlerstrom
t	Zeit
OP, OP(b), OP(c), OP(c')	Ausschaltbefehle
O, O(a), O(b)	Zeitpunkte, an denen sich Schalterkontakte öffnen
CCZ(a), CCZ(b), CCZ(c), CCZ(c')	Zeitpunkte, an denen Fehlerstrom verschwindet

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Abschalten eines in einem Wechselstromnetz auftretenden Fehlerstroms (I), bei welchem Verfahren ein in einem Schutzgerät (PU) erzeugter Ausschaltbefehl (OP) zum Öffnen eines Leistungsschalters (CB3) einem Synchronsteuergerät (ISD) zugeführt wird, in dem der Schaltbefehl (OP) solange zurückgehalten wird bis der Schalter (CB3) netzsynchron geöffnet werden kann, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
Überwachen des vom Schutzgerät (PU) abgegebenen Ausschaltbefehls (OP) sowie des Fehlerstroms oder eines vom Schalter (CB3) abgegebenen Statussignals (S), und
Bilden eines ersten Notausschaltbefehls (OP(b)), falls der Fehlerstrom oder das Statussignal (S) nach Abgabe des Ausschaltbefehls (OP) noch nach einer ersten Verzögerungszeit ($t_d=50$ ms) anstehen, welche grösser ist als die Summe von Eigenzeit des Schalters und Zeit zum Löschen eines beim Öffnen des Schalters erzeugten Schaltlichtbogens.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Verzögerungszeit 30 bis 70 ms beträgt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der vom Schutzgerät (PU) abgegebene Ausschaltbefehl (OP) sowie der Fehlerstroms (I) auch nach Ablauf der ersten Verzögerungszeit ($t_d=50$ ms) weiter überwacht werden, und dass unabhängig vom ersten (OP(b)) ein zweiter Notausschaltbefehl (OP(c), OP(c')) gebildet wird, falls der Fehlerstrom nach Abgabe des Ausschaltbefehls (OP) noch nach einer zweiten Verzögerungszeit ($t_d=100$ ms) ansteht, welche grösser ist als die erste.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Verzögerungszeit 50 bis 150 ms beträgt.
5. Vorrichtung zum Abschalten eines in einem Wechselstromnetz auftretenden Fehlerstroms mit einem Schutzgerät (PU) zur Erzeugung eines Ausschaltbefehls (OP) für einen Leistungsschalter (CB3) und mit einem den Ausschaltbefehl erfassenden Synchronsteuergerät (ISD), in dem der Schaltbefehl (OP) solange zurückgehalten wird, bis netzsynchrones Öffnen des Schalters (CB3) möglich ist, gekennzeichnet durch einen bei defektem

Synchronsteuergerät (ISD) und/oder defektem Schalter (CB3) ein sicheres Abschalten des Fehlerstroms gewährleistenden Ausfallschutz zur Erzeugung eines Notausschaltbefehls (OP(b), OP(c), OP(c')).

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausfallschutz eine erste Schutzvorrichtung (BP1) für das Synchronsteuergerät (ISD) enthält mit einem ersten Eingang zum Erfassen des Ausschaltbefehls (OP) und einem zweiten Eingang zum Erfassen eines Fehlerstromsignals oder des Statussignals (S), einem dem ersten Eingang nachgeschalteten ersten Verzögerungselement (TR1) mit einer die Summe von Eigenzeit des Schalters und Zeit zum Löschen eines beim Öffnen des Schalters erzeugbaren Schaltlichtbogens übertreffenden ersten Verzögerungszeit ($t_d=50$ ms), einem den verzögerten Ausschaltbefehl (OP) und das Fehlerstromsignal (I \gt) oder das Statussignal (S) logisch miteinander verknüpfenden ersten UND-Element (A1), und mit einem auf den Schalter wirkenden Ausgang, an dem nach Ablauf der ersten Verzögerungszeit der Notausschaltbefehl (OP(b)) ansteht.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausfallschutz ferner eine zweite Schutzvorrichtung (BP2) für den Schalter (CB3) enthält mit einem ersten Eingang zum Erfassen des Ausschaltbefehls (OP) und einem zweiten Eingang zum Erfassen des Fehlerstromsignals, einem dem ersten Eingang nachgeschalteten zweiten Verzögerungselement (TR2) mit einer die Summe von Eigenzeit des Schalters und Zeit zum Löschen eines beim Öffnen des Schalters erzeugbaren Schaltlichtbogens übertreffenden zweiten Verzögerungszeit ($t_d=100$ ms), einem den verzögerten Ausschaltbefehl (OP) und das Fehlerstromsignal (I \gt) logisch miteinander verknüpfenden zweiten UND-Element (A2), und mit einem auf einen weiteren Schalter (CB1, CB2, CB0) wirkenden Ausgang, an dem nach Ablauf der zweiten Verzögerungszeit der Notausschaltbefehl (OP(c), OP(c')) ansteht.

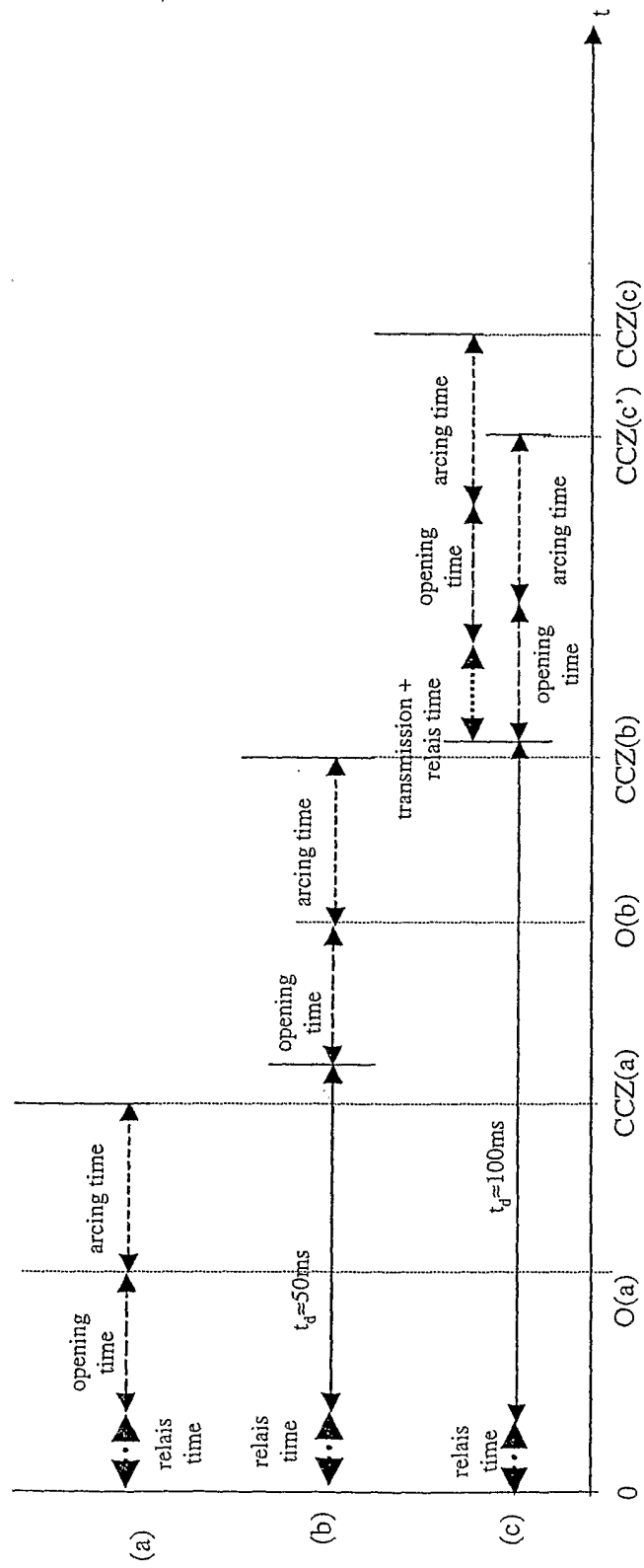


Fig.3

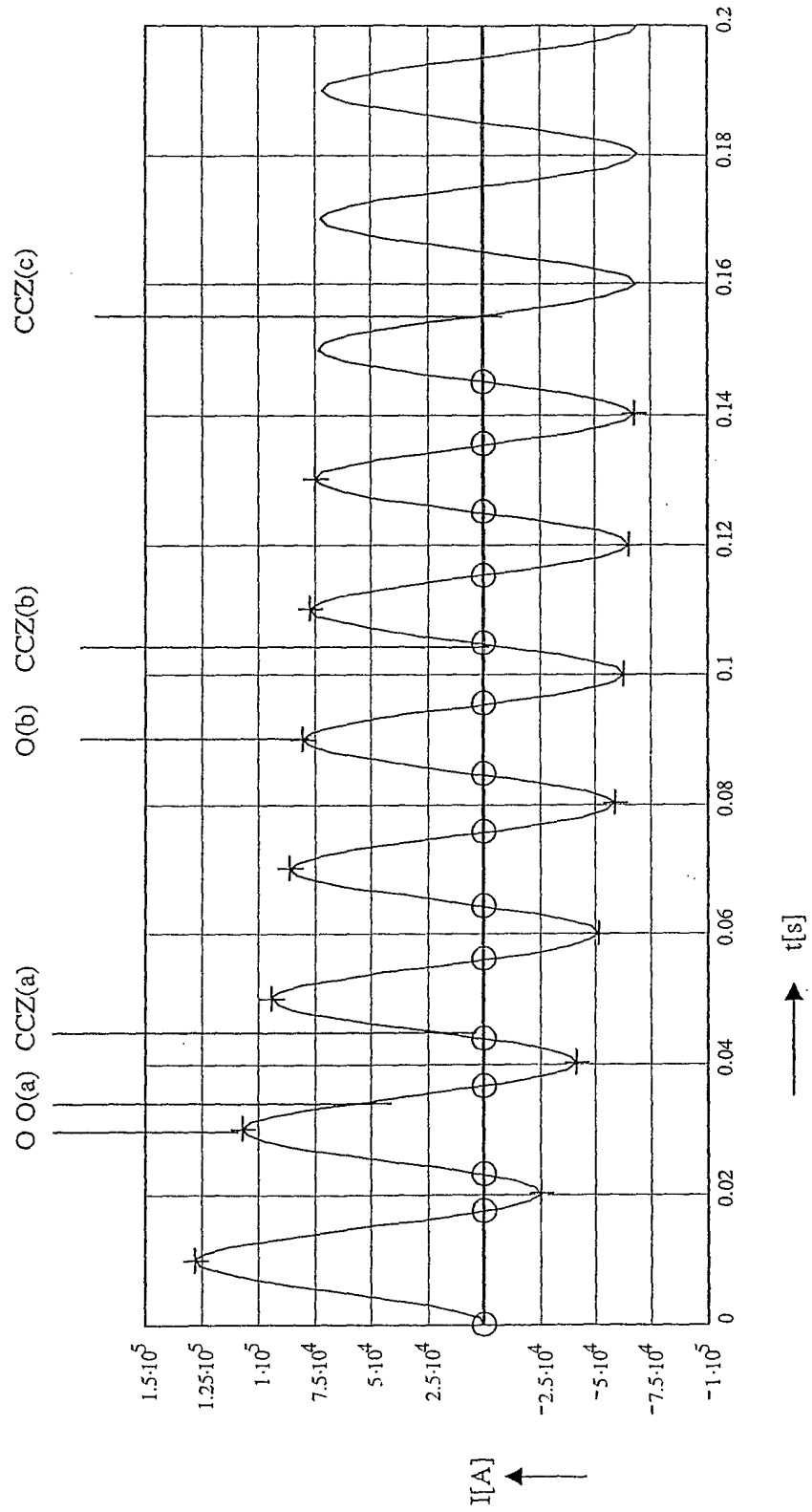


Fig.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/CH2005/000232

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01H47/00 H01H9/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 297 569 B1 (BARTELS JAMES I ET AL) 2 October 2001 (2001-10-02) column 4, line 36 - line 46 the whole document	1, 3-5, 7
A, P	EP 1 484 780 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 8 December 2004 (2004-12-08) abstract	1, 5
A	EP 0 938 114 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 25 August 1999 (1999-08-25) cited in the application	
A	CH 443 443 A (AKTIENGESELLSCHAFT BROWN, BOVERI & CIE) 15 September 1967 (1967-09-15) cited in the application	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 June 2005

Date of mailing of the international search report

17/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Socher, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH2005/000232

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 6297569	B1	02-10-2001	CA 2293877 A1 GB 2347564 A , B	30-06-2000 06-09-2000
EP 1484780	A	08-12-2004	EP 1484780 A1 WO 2004107377 A1	08-12-2004 09-12-2004
EP 0938114	A	25-08-1999	DE 19807778 A1 DE 59904905 D1 EP 0938114 A1	02-09-1999 15-05-2003 25-08-1999
CH 443443	A	15-09-1967	DE 1565995 A1	18-06-1970

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2005/000232

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01H47/00 H01H9/56

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 297 569 B1 (BARTELS JAMES I ET AL) 2. Oktober 2001 (2001-10-02) Spalte 4, Zeile 36 - Zeile 46 das ganze Dokument	1,3-5,7
A,P	EP 1 484 780 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 8. Dezember 2004 (2004-12-08) Zusammenfassung	1,5
A	EP 0 938 114 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 25. August 1999 (1999-08-25) in der Anmeldung erwähnt	
A	CH 443 443 A (AKTIENGESELLSCHAFT BROWN, BOVERI & CIE) 15. September 1967 (1967-09-15) in der Anmeldung erwähnt	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Juni 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/06/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Socher, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2005/000232

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6297569	B1	02-10-2001	CA 2293877 A1 GB 2347564 A ,B	30-06-2000 06-09-2000
EP 1484780	A	08-12-2004	EP 1484780 A1 WO 2004107377 A1	08-12-2004 09-12-2004
EP 0938114	A	25-08-1999	DE 19807778 A1 DE 59904905 D1 EP 0938114 A1	02-09-1999 15-05-2003 25-08-1999
CH 443443	A	15-09-1967	DE 1565995 A1	18-06-1970