

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 475 813 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:

**10.11.2004 Patentblatt 2004/46**(51) Int Cl.7: **H01H 1/00**(21) Anmeldenummer: **03405322.3**(22) Anmeldetag: **07.05.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

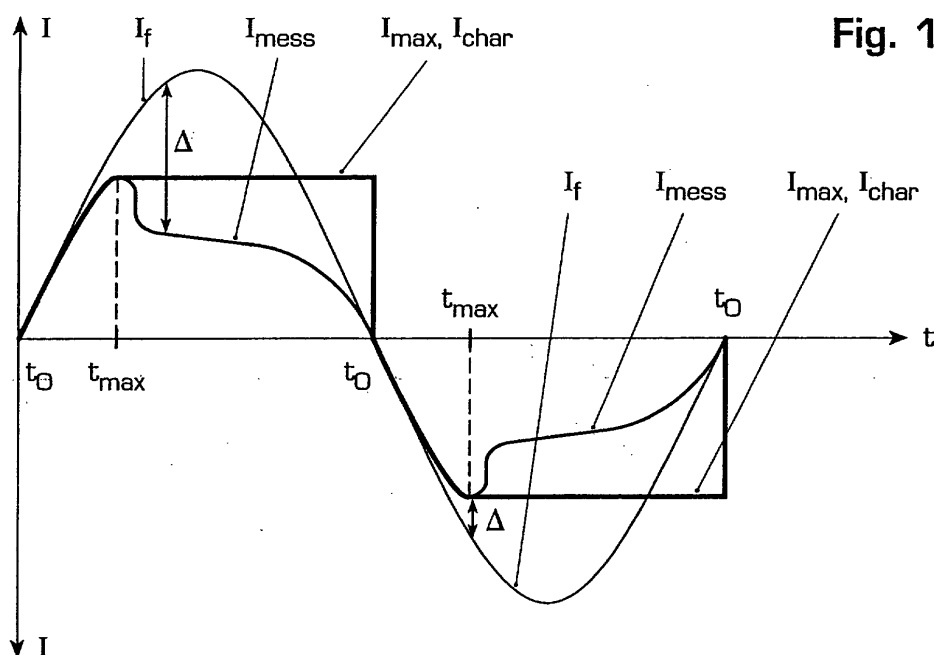
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**AL LT LV MK**(71) Anmelder: **ABB Technology AG****8050 Zürich (CH)**(72) Erfinder: **Wolfgang, Wimmer****5323 Rietheim (CH)**(74) Vertreter: **ABB Patent Attorneys****c/o ABB Schweiz AG,  
Intellectual Property (CH-LC/IP),  
Brown Boveri Strasse 6  
5400 Baden (CH)**(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Ueberwachung von Schaltgeräten in elektrischen Schaltanlagen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren, ein Computerprogramm und eine Vorrichtung (2) zur Bestimmung von Kontaktabnutzung in einem elektrischen Schalter (3) einer Schaltanlage (1) sowie eine Schaltanlage (1) mit einer solchen Vorrichtung (2). Erfindungsgemäss werden zur Bestimmung einer Kontaktabnutzungs-Zustandsgrösse ( $C_{\text{sum}}$ ) ein Strommesssignal ( $I_{\text{mess}}$ ) am Schalter (3) auf Abweichungen ( $\Delta$ ) vom erwarteten Störabschaltstrom ( $I_f$ ) untersucht und bei Abweichungen ( $\Delta$ ) die Zustandsgrösse ( $C_{\text{sum}}$ ) nicht unmittelbar aus dem Strommesssignal ( $I_{\text{mess}}$ ), sondern mittelbar unter Zuhilfenahme eines charakteristischen

Stromwerts ( $I_{\text{char}}$ ) bestimmt. Ausführungsbeispiele betreffen u.a.: Abweichungen durch Sättigung des Stromwandlers (30) und maximales Strommesssignal ( $I_{\text{max}}$ ) als charakteristischer Stromwert ( $I_{\text{char}}$ ); Zustandsgrösse ( $C_{\text{sum}}$ ) als Mass für Lichtbogenleistung während des Schaltens und insbesondere gleich einem Zeitintegral einer Potenzfunktion ( $f(I_{\text{mess}})$ ) des Abschaltstroms ( $I_{\text{mess}}$ ). Vorteile sind u. a.: verbesserte Berechnung von Kontaktabbrand, verbesserte bedingungsgesteuerte statt periodische Wartung von Leistungsschaltern (3), erhöhte Betriebssicherheit bei verringerten Wartungskosten.

**Fig. 1****EP 1 475 813 A1**

## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Sekundärtechnik für elektrische Schaltanlagen, insbesondere der Überwachung von Schaltern in Hoch-, Mittel- oder Niederspannungsschaltanlagen. Sie geht aus von einem Verfahren, einem Computerprogramm und einer Vorrichtung zur Ermittlung des Kontaktabbrands von Leistungsschaltern in einer elektrischen Schaltanlage sowie von einer Schaltanlage mit einer solchen Vorrichtung gemäss Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

### STAND DER TECHNIK

**[0002]** In den meisten Elektrizitätsversorgungsunternehmen wird heutzutage die Leistungsschalterwartung periodisch vorgenommen, gelegentlich mit vorgezogener Wartung, wenn Schutzabschaltungen mit möglicherweise hohen Strömen aufgetreten sind. Damit wird in der Regel der Schalter viel zu häufig gewartet mit dem zusätzlichen Risiko, dass bei der Wartung Schäden verursacht werden.

In der DE 102 04 849 A1 wird ein Verfahren zur Bestimmung der Kontaktabnutzung in einer Auslöseeinheit offenbart. Es wird eine kumulative, in den Leistungsschalterkontakten umgesetzte Energie berechnet, die proportional zur Kontaktabnutzung ist. Hierfür wird der Kontaktstrom  $I$  während der Kontakttrenndauer abgetastet, quadriert, mit einer festen Zeit  $T$  zwischen Abtastungen multipliziert und für jedes Kontaktpaar bezogen auf jeden Fehlertyp oder als Gesamtwert aufsummiert. Die Zeitverzögerung zwischen Auslösen des Leistungsschalters und der Kontaktbewegung im Leistungsschalter kann auf Basis typischer oder vom Hersteller veröffentlichter Mechanismuszeiten gemessen oder geschätzt werden. Bei Überschreiten einstellbarer Schwellwerte für den Kontaktabbrand können ein Warnsignal oder Alarmsignal ausgegeben werden oder eine Abschaltung oder Wartung des Leistungsschalters ausgelöst werden. Alternativ zur  $I^2T$ -Messung kann die Lichtbogenenergie auch aus Spannung mal Strom oder approximativ aus Strom  $I$  mal Zeit  $T$  bestimmt werden. Nachteilig ist, dass Strommessfehler bei Überströmen für die Bestimmung von Lichtbogenenergie und Kontaktabbrand unberücksichtigt bleiben. Nachteilig ist auch der relativ grosse Mess- und Rechenaufwand.

Die EP 0 193 732 A1 offenbart eine Überwachungs- und Kontrolleinrichtung für Schaltgeräte und Schaltgerätekombinationen zur Ermittlung der erforderlichen Wartungszeitpunkte. Hierfür werden von einer Mehrzahl von Sensoren Abnutzungszustände der Schaltgeräte gemessen oder errechnet und nach Dringlichkeit gestufter Alarm oder Wartungsinformation generiert. Der Kontaktabbrand kann dabei direkt, z. B. durch Weggeber, Drehwinkelgeber oder Lichtschranken, erfasst oder in-

direkt durch Verknüpfung von Stromhöhe, Schaltspannung, Phasenwinkel, Anzahl Schaltungen, Schalt Augenblicke, Stromsteilheit oder Zeitkonstanten bestimmt werden. Insbesondere wird der Kontaktabbrand indirekt über die Bewertung von Strom und Temperatur der jeweiligen Strombahn bestimmt. Nachteilig sind hoher Messbedarf und aufwendige Signalverarbeitung. Auch bleiben Messfehler durch Sättigung des Stromwandlers unbeachtet.

### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0003]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren, ein Computerprogramm, eine Vorrichtung und eine Schaltanlage mit einer solchen Vorrichtung zur verbesserten und vereinfachten Überwachung von Schaltern in elektrischen Schaltanlagen anzugeben. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

In einem ersten Aspekt besteht die Erfindung in einem Verfahren zur Bestimmung von Kontaktabnutzung in einem elektrischen Schalter, insbesondere in elektrischen Schaltanlagen für Hoch- oder Mittelspannung, wobei ein während einer Schalthandlung durch den Schalter fließender Kontaktstrom mit Hilfe eines Stromwandlers erfasst wird und hinsichtlich Kontaktabnutzung ausgewertet wird, wobei zur Bestimmung einer die Kontaktabnutzung charakterisierenden Zustandsgrösse zunächst ein Strommesssignal des Stromwandlers als Funktion der Zeit gemessen wird, bei Auftreten von Abweichungen zwischen dem erwarteten Kontaktstrom und dem Strommesssignal das Vorhandensein eines Messfehlers detektiert wird und bei Detektion des Messfehlers aus dem Strommesssignal mindestens ein charakteristischer Stromwert bestimmt wird und zur Bestimmung der Zustandsgrösse verwendet wird. Die Zustandsgrösse ist so zu wählen, dass sie ein zuverlässiges Mass für den Kontaktabbrand darstellt. Der erwartete Kontaktstrom ist besonders durch den zeitlichen Kontaktstromverlauf charakterisiert, insbesondere durch Erreichen eines betragsmässigen Strommaximums am Ende einer Viertel- oder Dreiviertelperiode der Netzfrequenz des am Schalter anliegenden Nennstroms. Je nach Schalthandlung und Fehlerart sind auch andere erwartete Kontaktströme denkbar. Durch das Verfahren kann eine Kontaktabnutzung auch dann mit grosser Zuverlässigkeit bestimmt werden, wenn der für den Kontaktabbrand relevante Fehler- oder Lichtbogenstrom nicht korrekt gemessen wird oder werden kann. Dabei stellt die Verwendung des charakteristischen Stromwerts anstelle des vollständigen Strommesssignals eine Vereinfachung und Präzisierung der Berechnung der Kontaktabnutzung dar. Insgesamt kann der Kontaktverschleiss genauer berechnet werden und die Wartung von Leistungsschaltern und ähnlichen Schaltgeräten kann statt periodisch ohne Verlust an Betriebssicherheit nach Bedarf durchgeführt werden, wodurch die Wartungskosten entsprechend ge-

senkt werden.

**[0004]** In einem ersten Ausführungsbeispiel wird als Messfehler eine Sättigung des Strommesssignals detektiert und es wird als charakteristischer Stromwert ein maximales Strommesssignal des Stromwandlers verwendet, falls es vor Erreichen einer Viertelperiode eines am Schalter anliegenden Wechselstroms auftritt und insbesondere detektiert wird. Die Sättigung konventioneller Stromwandler verunmöglicht oftmals eine genaue Messung des Lichtbogenüberstroms und verfälscht dadurch die Kontaktabbrandberechnung gerade für die Fehlerfälle, die am meisten Kontaktabbrand bringen. Dies kann nun rechnerisch korrigiert werden.

Das Ausführungsbeispiel gemäss Anspruch 3 hat den Vorteil, dass hohe Fehlerströme erfassbar sind und die Zustandgrösse ein zuverlässiges, gut berechenbares Mass für Kontaktabbrand darstellt.

Das Ausführungsbeispiel gemäss Anspruch 4 hat den Vorteil, dass eine sehr einfache Rechenvorschrift zur Kontaktabbrandberechnung angegeben wird.

Das Ausführungsbeispiel gemäss Anspruch 5 hat den Vorteil, dass durch die exakte Bestimmung des Lichtbogenstarts die Zuverlässigkeit der Kontaktabbrandberechnung verbessert wird.

Das Ausführungsbeispiel gemäss Anspruch 6 hat den Vorteil, dass eine Auswahl von Funktionen zur Berechnung des Kontaktabbrands angegeben wird und gegebenenfalls für spezifische Schalter oder Fehlerstromereignisse eine spezielle Funktion gewählt werden kann. Das Ausführungsbeispiel gemäss Anspruch 7 hat den Vorteil, dass auch Herstellerangaben zur verbesserten Kontaktabbrandberechnung herangezogen werden können.

Das Ausführungsbeispiel gemäss Anspruch 8 hat den Vorteil, dass eine zusätzliche, unabhängige Berechnung der Kontaktabnutzung durchgeführt werden kann. Das Ausführungsbeispiel gemäss Anspruch 9 hat den Vorteil, dass der Kontaktabbrand permanent überwacht und/oder aus archivierten Daten nachträglich bestimmt werden kann. Insbesondere können Störschrieb-Daten verwendet werden, wie sie z. B. in einem Störschreiber-Sammelsystem, auch Stations-Monitoring-System oder SMS genannt, vorhanden sind.

In weiteren Aspekten betrifft die Erfindung ein Computerprogramm zur Bestimmung von Kontaktabnutzung in einem elektrischen Schalter, wobei die Verfahrensschritte gemäss den Ansprüchen 1-9 durch Programmcode implementiert sind, desweiteren eine Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens und eine Schaltanlage umfassend die Vorrichtung.

Weitere Ausführungen, Vorteile und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus abhängigen Ansprüchen sowie aus der nun folgenden Beschreibung und den Figuren.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

### [0005]

- 5 Fig. 1 eine schematische Darstellung zur Stromapproximation bei der erfindungsgemässen Kontaktabbrandberechnung für Leistungsschalter;
- Fig. 2 ein Algorithmus zur erfindungsgemässen Kontaktabbrandberechnung in Nassi-Schneiderman Diagrammdarstellung;
- 10 Fig. 3 eine Kurvendarstellung der Anzahl erlaubter Schalthandlungen als Funktion des effektiven Abschaltstroms pro Schalthandlung;
- 15 Fig. 4 ein schematisch dargestelltes erfindungsgemässes Datenerfassungssystem für die Kontaktabnutzung in einer elektrischen Schaltanlage.
- 20 In den Figuren sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

## WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

- 25 **[0006]** Leistungsschalter sind für eine bestimmte Anzahl mechanischer Schalthandlungen oder Schaltspiele ausgelegt. Werden mit ihnen z. B. im Fehlerfall grössere Ströme abgeschaltet, so werden durch den entstehenden Lichtbogen die Kontakte stärker abgebrannt als bei normalen Schalthandlungen einberechnet. Damit der Leistungsschalter funktionsfähig bleibt, müssen die Kontakte ersetzt werden, bevor sie vollkommen abgebrannt sind. Der Grad des Abbrands pro Schalthandlung hängt von der Energie des dabei auftretenden Lichtbogens ab. Diese Energie ist proportional zum Integral  $\int I^2 dt$ , wobei  $I$  den während der Lichtbogendauer fließenden Strom und  $t$  die Zeit bezeichnet.
- 30 Gemäss der Erfindung werden Schalter 3 in elektrischen Schaltanlagen 1 hinsichtlich Kontaktabnutzung überwacht, indem ein während einer Schalthandlung durch den Schalter 3 fließender Kontaktstrom  $I_f$  mindestens näherungsweise durch ein Strommesssignal  $I_{\text{mess}}$  eines Stromwandlers 30 oder Stromsensors 30 als Funktion der Zeit  $t$  erfasst wird, bei Abweichungen zwischen erwartetem Kontaktstrom  $I_f$  und Strommesssignal  $I_{\text{mess}}$  ein Messfehler  $\Delta$  detektiert wird und aus dem Strommesssignal  $I_{\text{mess}}$  mindestens ein charakteristischer Stromwert  $I_{\text{char}}$  bestimmt und zur Bestimmung einer Kontaktabnutzung charakterisierenden Zustandsgrösse verwendet wird. Diese Abschätzung ist zwar häufig etwas zu konservativ, aber immer auf der sicheren Seite. Das Verfahren kann Bestandteil eines Power System Monitoring Systems sein.
- 35 Fig. 1 zeigt hierzu ein Ausführungsbeispiel, bei dem ein weitgehend sinusförmiger Fehlerstrom  $I_f$  vorliegt. Im Strommesssignal  $I_{\text{mess}}$  tritt eine Sättigung auf und es wird zum Zeitpunkt  $t_{\text{max}}$  innerhalb einer Viertelperiode des Fehlerstromsignals  $I_f$  oder der am Schalter 3 anlie-
- 40
- 45
- 50
- 55

genden Netzfrequenz ein Strommaximum  $I$  durchlaufen. Das Auftreten des Strommaximums  $I_{\max}$  wird detektiert, wenn die Abweichung oder der Messfehler  $\Delta$  zwischen dem Fehlerstromverlauf  $I_f(t)$  und dem Strommesssignalverlauf  $I_{\text{mess}}(t)$  einen Toleranzwert  $\Delta_{\min}$  überschreitet. Der Kontaktstrom  $I_f$  ist typischerweise ein Überstrom oder Kurzschlussstrom  $I_f$  während einer Abschalthandlung, dessen Zeitverlauf recht genau im vorhinein bekannt ist. Insbesondere ist ein Strommaximum  $I_{\max}$ , das im Strommesssignal  $I_{\text{mess}}$  vor Erreichen einer Viertelperiode der Netzfrequenz auftritt, ein sicheres Indiz für einen Messfehler  $\Delta$ . Das Strommaximum  $I_{\max}$  wird nun als charakteristischer Stromwert  $I_{\text{char}}$  definiert und zur Berechnung der Kontaktabbrand-Zustandsgrösse verwendet. Die Zustandsgrösse soll vorzugsweise ein Mass für eine Lichtbogenleistung während der Schalthandlung und insbesondere ein Kontaktstrom-Zeitintegral sein.

Im Beispiel gemäss Fig. 1 wird das Strommesssignal  $I_{\text{mess}}$  von einem ersten Zeitpunkt  $t_0$  zu Beginn der Stromhalbwelle, in welcher die Schalthandlung auftritt, bis zu einem zweiten Zeitpunkt  $t_{\max}$ , zu dem ein maximales Strommesssignal  $I_{\max}$  auftritt, erfasst, und ab dem zweiten Zeitpunkt  $t_{\max}$  bis zu einem dritten Zeitpunkt  $t_0$  am Ende der Stromhalbwelle durch das maximale Strommesssignal  $I_{\max}$  approximiert. Die Genauigkeit der Kontaktabbrandberechnung ist abhängig davon, wie genau der Anfangszeitpunkt des Lichtbogens bestimmt werden kann. Der erste Zeitpunkt  $t_0$  soll als Anfangszeit des Lichtbogens des Kontaktstroms  $I_f$  definiert werden. Die Berechnung ist am genauesten, wenn  $t_0$  als Binäridikation im Störschrieb bekannt ist;  $t_0$  kann auch mit einer auf Erfahrungswerten basierenden Zeitverzögerung aus einem Öffnungsbefehl, einem Schutztriggerbefehl oder einer Kontaktbewegung des Schalters 3 bestimmt werden. Eventuelle Schwankungen dieses Zeitwerts sind von untergeordneter Bedeutung im Vergleich zu anderen Einflussgrössen und zu Unregelmässigkeiten beim Kontaktabbrand. Systematische Fehler durch zu grosse oder zu kleine Werte des Anfangszeitpunkts  $t_0$  können korrigiert werden, wenn z. B. anlässlich einer Wartung der erwartete Abbrand mit dem tatsächlichen verglichen und die Zeitverzögerung entsprechend korrigiert wird. Aus Sicherheitsgründen sollte zu Beginn einer Kontaktabbrandgeschichte eher ein zu kleiner Wert der Zeitverzögerung als ein zu grosser Wert benutzt werden, so dass der Kontaktabbrand in der Berechnung zunächst überschätzt wird.

Zur Bestimmung der Zustandsgrösse wird dann ein Zeitintegral  $\int f(I_{\text{mess}}) dt$  über eine Funktion  $f(I_{\text{mess}})$  des streckenweise erfassten und streckenweise approximierten Strommesssignals  $I_{\text{mess}}$  gebildet. Bevorzugt wird als Funktion  $f(I_{\text{mess}})$  des Strommesssignals  $I_{\text{mess}}$  eine Potenzfunktion  $f(I_{\text{mess}}) = I_{\text{mess}}^a$  mit  $a=1, 2 \dots 2,2$ , insbesondere  $a=1,6 \dots 2,0$ , verwendet. Beispielsweise wird das Integral  $\int I_{\text{mess}}^2 dt$  oder  $\int I_{\text{mess}}^{1,6} dt$  mit dem gemäss Fig. 1 approximierten Strommesssignal  $I_{\text{mess}}$  zur näherungsweisen Bestimmung der Kontaktabbrands

bestimmt. Als Funktion  $f(I_{\text{mess}})$  kann auch eine einen effektiven Abschaltstrom  $I_{\text{eff}}$  definierende Quadratwurzelfunktion  $f(I_{\text{mess}}) = (I_{\text{mess}}^2)^{1/2}$  verwendet werden. Andere Funktionen  $f(I_{\text{mess}})$  sind ebenfalls möglich. Das Zeitintegral  $\int f(I_{\text{mess}}) dt$  über die Funktion  $f(I_{\text{mess}})$  kann durch eine Summation von Funktionswerten an Stützstellen approximiert werden, wobei die Stützstellen z. B. durch Abtastung des Strommesssignals  $I_{\text{mess}}$  gegeben sind. Insbesondere wird die Zustandsgrösse gleich dem Zeitintegral  $\int f(I_{\text{mess}}) dt$  mal einer Kontaktabbrandkonstanten  $c$  gewählt und die Kontaktabbrandkonstante  $c$  aus Herstellerangaben, insbesondere aus Kurven über Anzahl erlaubter Schalthandlungen  $N(I_{\text{eff}})$  in Funktion eines effektiven Abschaltstroms pro Schalthandlung  $I_{\text{eff}}$ , und/oder aus Erfahrungswerten für einen Schaltertyp und Schaltereinsatzort bestimmt.

Fig. 2 zeigt in Nassi-Schneidermann-Darstellung einen Software-Algorithmus zur Implementierung des Verfahrens in einem Computerprogramm und Computerprogrammprodukt. Zunächst werden die Grössen  $Cwsum$  (=Zustandsgrösse zur Charakterisierung des Kontaktabbrands),  $I_{\max}$ ,  $cnt$  (=Zählervariable) und  $saturation$  (Konstante) initialisiert. Dann wird in einer While-Schleife, die durch  $cnt$  in einer positiven (oder alternativ negativen, hier nicht dargestellten) Halbperiode der Netzwechselspannung bedingt ist, für jeden  $cnt$ -Wert ein Abtastwert  $sample(cnt)$  des Strommesssignals eingelesen und auf die Bedingung  $sample(cnt) \geq I_{\max}$  geprüft. Falls die Bedingung erfüllt ist, werden eine Hilfsvariable  $CWI$  und gleich  $sample(cnt)$  gesetzt. Falls die Bedingung nicht erfüllt ist, wird, falls  $cnt$  kleiner als die Mitte der positiven (oder negativen, hier nicht dargestellten) Halbperiode  $MidthPositivePeriod$  ist,  $saturation$   $true$  und  $CWI$  gleich  $I_{\max}$  gesetzt; falls  $cnt \geq MidthPositivePeriod$  ist, wird für  $saturation = true$   $CWI$  gleich  $I_{\max}$  und für  $saturation = false$   $CWI$  gleich  $sample(cnt)$  gesetzt. Schliesslich wird der Zähler  $cnt$  um 1 inkrementiert und zur Kontaktabbrand-Zustandsgrösse  $Cwsum$  die Hilfsvariable  $CWI$  zum Quadrat addiert. Am Ende der Halbperiode ist die Summation oder Integration von  $Cwsum$  abgeschlossen.  $Cwsum$  stellt dabei, gemäss Fig. 1, genau das Zeitintegral über das Quadrat des approximierten Stromes dar, der im Zeitintervall  $t_0$  bis  $t_{\max}$  durch das Strommesssignal  $I_{\text{mess}}$ , entsprechend den Abtastwerten  $sample(cnt)$ , gegeben ist und im Zeitintervall  $t_{\max}$  bis zum nächsten  $t_0$  durch das Strommaximum  $I_{\max}$  approximiert wird.

Fig. 3 zeigt ein Beispiel einer Kurve eines Leistungsschalterherstellers, welche Kurve die maximale Zahl erlaubter Schalthandlungen  $N$  mit einem effektiven Abschaltstrom pro Schalthandlung  $I_{\text{eff}}$  und somit mit einem bestimmten kumulierten effektiven Abschaltstrom korrelieren. Soll der Kontaktabbrand mit Hilfe des Integrals  $\int I^2 dt$  bestimmt werden, muss noch eine schalterspezifische oder schaltertypspezifische Proportionalitätskonstante  $c$  zwischen dem Integral und dem Kontaktabbrand berücksichtigt werden, die vom Schalterhersteller angegeben und/oder über Vergleich von Messungen

mit Berechnungen des Kontaktabbrands bestimmt werden kann.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann ergänzend für jede Schalthandlung ein effektiver Ausschaltstrom  $I_{\text{eff}}$  bestimmt werden, aus einer Kurve über Anzahl erlaubter Schalthandlungen  $N(I_{\text{eff}})$  in Funktion des effektiven Ausschaltstroms  $I_{\text{eff}}$  eine Kontaktabnutzung als Prozentwert der ausgeführten relativ zur Gesamtzahl erlaubter Schalthandlungen bei diesem effektiven Ausschaltstrom  $I_{\text{eff}}$  bestimmt werden und die Prozentwerte für alle relevanten ausgeführten Schalthandlungen zu einer kumulierten Kontaktabnutzung aufsummiert werden. Der kumulierte Prozentwert stellt eine Kontrollgrösse für die erfindungsgemäss bestimmte Kontaktabbrandzustandsgrösse  $Cw_{\text{sum}}$  dar.

[0007] Beispielsweise kann eine Wartung des Schalters 3 zum ersten Zeitpunkt veranlasst werden, an dem die Zustandsgrösse  $Cw_{\text{sum}}$  einen Grenzwert überschreitet oder der kumulierte Prozentsatz 100% minus einer Restsicherheitsmarge für die nächsten ein bis zwei Abschalthandlungen mit dem maximalen für diesen Schalter 3 zulässigen  $I_{\text{eff}}$  erreicht.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Datenerfassungssystems zur erfindungsgemässen Bestimmung der Kontaktabbrandzustandsgrösse  $Cw_{\text{sum}}$  und/oder des kumulierten Prozentwerts aus  $N(I_{\text{eff}})$ . Die Schaltanlage 1 weist Schalter 3, typischerweise Leistungsschalter 3, auf, die mit Stromwandlern 30 oder Stromsensoren 30, typischerweise konventionellen Stromwandlern 30 mit sättigbarem Kern, ausgestattet sind. Beispielsweise werden Messwandler mit 1% Genauigkeit und Verrechnungswandler mit 0,1% - 0,5% Genauigkeit bei den hohen Strömen gesättigt, die am meisten Kontaktabbrand bringen. Dadurch werden herkömmliche Kontaktabbrandschätzungen mit dem Integral  $\int I_{\text{mess}}^2 dt$  sehr ungenau und auf jeden Fall zu klein und dadurch ungeeignet oder riskant für die Bestimmung bedarfsbedingter Wartungszeitpunkte. Hingegen haben klassische Schutzwandler für Überstromfunktionen einen grossen Messbereich ohne Sättigung, sind jedoch für kleine Ströme relativ ungenau, so dass sie typischerweise einer Genauigkeitsklasse von 2% - 5% angehören. Auch für diese Wandler kann durch die Erfindung eine verbesserte Kontaktabbrandberechnung erzielt werden, indem ein charakteristischer Stromwert  $I_{\text{char}}$  gewählt wird, mit dem der Messfehler  $\Delta$  im Strommesssignal  $I_{\text{mess}}$  so korrigiert werden kann, dass eine möglichst genaue Bestimmung der Zustandsgrösse  $Cw_{\text{sum}}$  und insbesondere einer kontaktabbrandrelevanten Lichtbogenleistung erreicht wird. Die Stromwandler 30 sind mit Mitteln 4 zur Datenerfassung an elektrischen Schaltern 3, insbesondere mit Störschreibern 4, Schutzgeräten 4 oder Steuergeräten 4 verbunden. Diese Datenerfassungsmittel 4 sind über eine serielle Kommunikation 5 oder über Datenträger 5 mit einer zentralen Erfassungseinheit 6 zur Kontaktabbrandberechnung sowie vorzugsweise mit einer Datenbank 7 für Daten über Kontaktabnutzung verbunden.

Mit Hilfe dieser Vorrichtung 2 zur Kontaktabbrandberechnung kann das oben dargestellte Verfahren implementiert werden. Insbesondere kann die Kontaktabnutzung on-line, d. h. laufend während des Betriebes, überwacht werden oder rückwirkend aus archivierten Daten, insbesondere mit einer an einen Schaltertyp oder Schalttereinsatzort angepassten Funktion  $f(I_{\text{mess}})$  des Strommesssignals  $I_{\text{mess}}$ , ausgewertet werden. Dabei kann die Kontaktabnutzung aus Aufzeichnungen von Abschaltströmen  $I_{\text{mess}}$  aus Störschreibern 4 oder Schutz- und Steuergeräten 4 mit Störschreibfunktion bestimmt werden, wobei alle Aufzeichnungen der Abschaltströme  $I_{\text{mess}}$  einer Schaltanlage 1 zentral gesammelt werden, insbesondere in einem existierenden oder hierfür speziell konzipierten Störschreiber-Sammelsystem 4-6, auch SMS oder Stations-Monitoring-System genannt. Die Erfindung erstreckt sich auch auf eine solche Vorrichtung 2 zur Kontaktabbrandberechnung, die beispielsweise im Anlagenleitsystem (nicht dargestellt) der Schaltanlage 1 integriert ist, und auf eine elektrische Schaltanlage 1, die eine solche Vorrichtung 2 umfasst. Insgesamt ergibt sich eine verbesserte bedingungsgezielte statt periodische Wartung von Schaltern 3 und deren Schalterkontakten.

## BEZUGSZEICHENLISTE

### [0008]

1	Elektrische Schaltanlage
2	Datenerfassungssystem für Kontaktabnutzung
3	Elektrischer Schalter, Leistungsschalter
30	Stromwandler, Stromsensor
4	Mittel zur Datenerfassung an elektrischen Schaltern; Störschreiber, Schutzgerät, Steuergerät
5	Serielle Kommunikation, Datenträger
6	Zentrale Datenerfassung; Mittel zur Berechnung von Kontaktabnutzung
7	Datenbank für Daten über Kontaktabnutzung
I	Kontaktstrom, Lichtbogenstrom
$I_{\text{char}}$	charakteristischer Stromwert
$I_{\text{eff}}$	effektiver Strom
$I_f$	Fehlerstrom
$I_{\text{max}}$	maximaler Strom
$I_{\text{mess}}$	Strommesssignal
t, $t_0$ , $t_{\text{max}}$	Zeit
cnt, CWI, $Cw_{\text{sum}}$ , Sample Variablen	
PositivePeriod, MidthPositivePeriod, saturation	Konstanten
N	Anzahl erlaubter Schalthandlungen

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung von Kontaktabnutzung in einem elektrischen Schalter (3), insbesondere in elektrischen Schaltanlagen (1) für Hoch- oder Mittelspannung, wobei ein während einer Schalthand-

lung durch den Schalter (3) fließender Kontaktstrom ( $I_f$ ) mit Hilfe eines Stromwandlers (30) erfasst wird und hinsichtlich Kontaktabnutzung ausgewertet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) zur Bestimmung einer die Kontaktabnutzung charakterisierenden Zustandsgrösse ( $C_{\text{sum}}$ ) zunächst ein Strommesssignal ( $I_{\text{mess}}$ ) des Stromwandlers (30) als Funktion der Zeit ( $t$ ) gemessen wird,
- b) bei Auftreten von Abweichungen zwischen dem erwarteten Kontaktstrom ( $I_f$ ) und dem Strommesssignal ( $I_{\text{mess}}$ ) das Vorhandensein eines Messfehlers ( $\Delta$ ) detektiert wird und
- c) bei Detektion des Messfehlers ( $\Delta$ ) aus dem Strommesssignal ( $I_{\text{mess}}$ ) mindestens ein charakteristischer Stromwert ( $I_{\text{char}}$ ) bestimmt wird und zur Bestimmung der Zustandsgrösse ( $C_{\text{sum}}$ ) verwendet wird.

**2. Das Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) als Messfehler ( $\Delta$ ) eine Sättigung des Strommesssignals ( $I_{\text{mess}}$ ) detektiert wird und
- b) als charakteristischer Stromwert ( $I_{\text{char}}$ ) ein maximales Strommesssignal ( $I_{\text{max}}$ ) des Stromwandlers (30) verwendet wird, das vor Erreichen einer Viertelperiode eines am Schalter (30) anliegenden Wechselstroms auftritt.

**3. Das Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) der Kontaktstrom ( $I_f$ ) ein Überstrom oder Kurzschlussstrom ( $I_f$ ) während einer Abschalthandlung ist und/oder
- b) die Zustandsgrösse ( $C_{\text{sum}}$ ) ein Mass für eine Lichtbogenleistung während der Abschalthandlung, insbesondere ein Kontaktstrom-Zeitintegral, ist.

**4. Das Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) das Strommesssignal ( $I_{\text{mess}}$ ) von einem ersten Zeitpunkt ( $t_0$ ) zu Beginn der Stromhalbwelle, in welcher die Schalthandlung auftritt, bis zu einem zweiten Zeitpunkt ( $t_{\text{max}}$ ), zu dem ein maximales Strommesssignal ( $I_{\text{max}}$ ) auftritt, erfasst wird, und ab dem zweiten Zeitpunkt ( $t_{\text{max}}$ ) bis zu einem dritten Zeitpunkt ( $t_0$ ) am Ende der Stromhalbwelle durch das maximale Strommesssignal ( $I_{\text{max}}$ ) approximiert wird und
- b) zur Bestimmung der Zustandsgrösse ( $C_{\text{sum}}$ ) ein Zeitintegral  $\int f(I_{\text{mess}}) dt$  über eine Funktion  $f(I_{\text{mess}})$  des erfassten und approximierten Strommesssignals ( $I_{\text{mess}}$ ) gebildet

wird.

**5. Das Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) der erste Zeitpunkt ( $t_0$ ) als Anfangszeit eines Lichtbogens des Kontaktstroms ( $I_f$ ) definiert wird und als Binärindikation im Störschrieb bekannt ist oder mit einer auf Erfahrungswerten basierenden Zeitverzögerung aus einem Öffnungsbefehl, einem Schutztriggerbefehl oder einer Kontaktbewegung des Schalters (3) bestimmt wird und
- b) insbesondere dass die Zeitverzögerung durch Vergleich tatsächlicher Werte mit erwarteten Werten der Kontaktabnutzung korrigiert wird.

**6. Das Verfahren nach einem der Ansprüche 4-5, dadurch gekennzeichnet, dass als Funktion  $f(I_{\text{mess}})$  des Strommesssignals ( $I_{\text{mess}}$ ) eine Potenzfunktion  $f(I_{\text{mess}}) = I_{\text{mess}}^a$  mit  $a=1, 2 \dots 2,2$ , insbesondere  $a=1,6 \dots 2,0$ , oder eine einen effektiven Abschaltstrom ( $I_{\text{eff}}$ ) definierende Quadratwurzelfunktion  $f(I_{\text{mess}}) = (I_{\text{mess}}^2)^{1/2}$  verwendet wird.**

**7. Das Verfahren nach einem der Ansprüche 4-6, dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) die Zustandsgrösse ( $C_{\text{sum}}$ ) gleich dem Zeitintegral  $\int f(I_{\text{mess}}) dt$  mal einer Kontaktabbrandkonstanten  $c$  gewählt wird und
- b) die Kontaktabbrandkonstante  $c$  aus Herstellerangaben, insbesondere aus Kurven über Anzahl erlaubter Schalthandlungen in Funktion eines effektiven Abschaltstroms pro Schalthandlung ( $I_{\text{eff}}$ ), und/oder aus Erfahrungswerten für einen Schaltertyp und Schaltereinsatzort bestimmt wird.

**8. Das Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) für jede Schalthandlung ein effektiver Ausschaltstrom ( $I_{\text{eff}}$ ) bestimmt wird,
- b) aus einer Kurve ( $N(I_{\text{eff}})$ ) über Anzahl erlaubter Schalthandlungen ( $N$ ) in Funktion des effektiven Ausschaltstroms ( $I_{\text{eff}}$ ) eine Kontaktabnutzung als Prozentwert der ausgeführten relativ zur Gesamtzahl erlaubter Schalthandlungen bei diesem effektiven Ausschaltstrom ( $I_{\text{eff}}$ ) bestimmt wird und
- c) die Prozentwerte für alle relevanten ausgeführten Schalthandlungen zu einer kumulierten Kontaktabnutzung aufsummiert werden.

**9. Das Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) die Kontaktabnutzung on-line überwacht wird oder rückwirkend aus archivierten Daten, insbesondere mit einer angepassten Funktion  $f(I_{\text{mess}})$  des Strommesssignals ( $I_{\text{mess}}$ ), ausgewertet wird und/oder 5
- b) die Kontaktabnutzung aus Aufzeichnungen von Abschaltströmen ( $I_{\text{mess}}$ ) aus Störschreibern (4) oder Schutz- und Steuergeräten (4) mit Störschreibfunktion bestimmt wird, wobei alle Aufzeichnungen der Abschaltströme ( $I_{\text{mess}}$ ) einer Schaltanlage (1) in einer zentralen Datenerfassung (6) gesammelt werden, insbesondere per Datenträger (5) oder per Kommunikation (5) oder in einem Störschreiber-Sammelsystem (4-6). 10 15

10. Computerprogramm zur Bestimmung von Kontaktabnutzung in einem elektrischen Schalter (3), insbesondere in elektrischen Schaltanlagen (1) für Hoch- oder Mittelspannung, das auf einer Datenverarbeitungseinheit (6), insbesondere in einem Anlagenleitsystem der Schaltanlage (1), ladbar und ausführbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Computerprogramm bei Ausführung die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-9 ausführt. 20 25

11. Vorrichtung (2) zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-9. 30

12. Vorrichtung (2) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass**

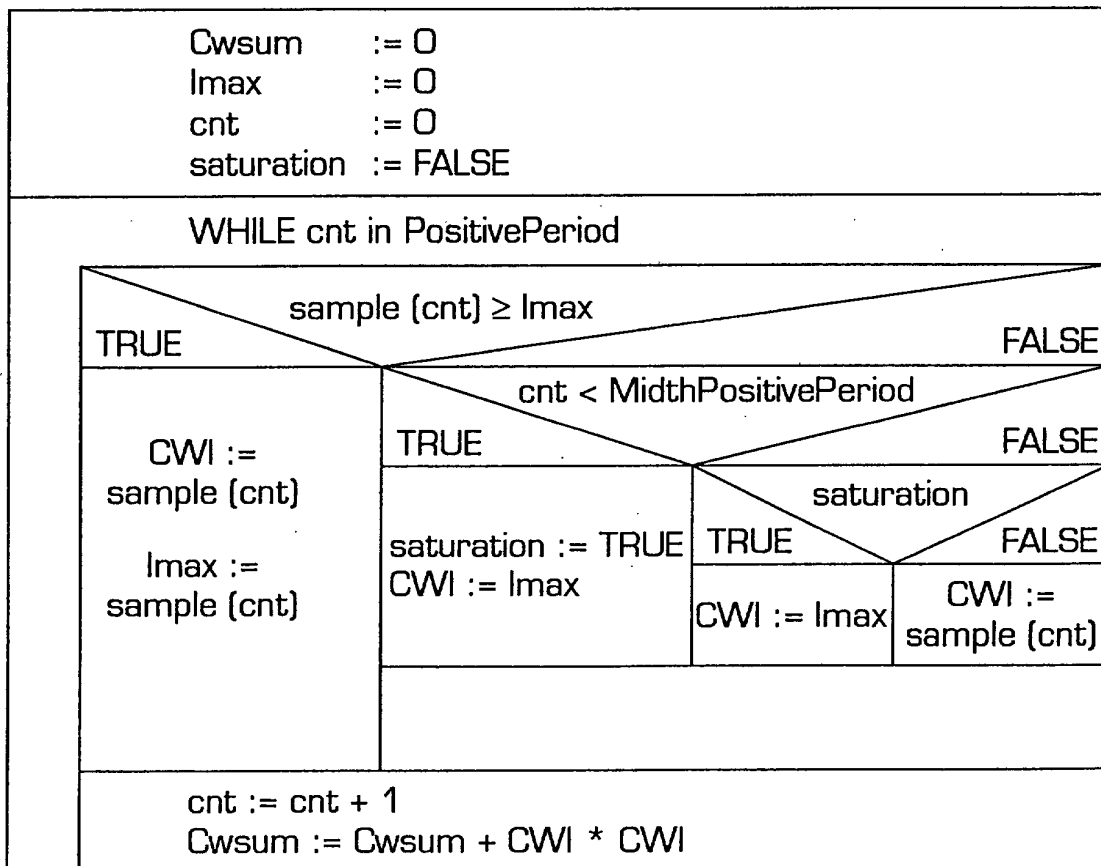
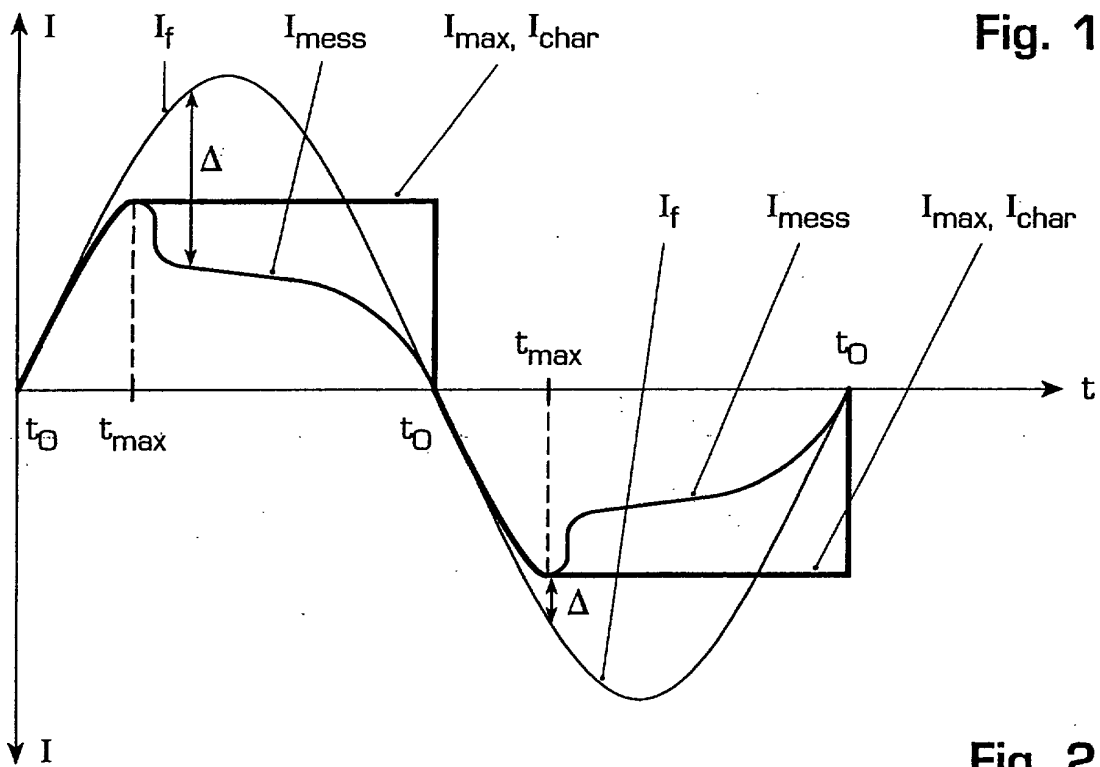
a) der elektrische Schalter (3) ein Leistungsschalter (3) ist und/oder 35

b) der Stromwandler (30) ein konventioneller Stromwandler (30) mit sättigbarem Kern ist.

13. Elektrische Schaltanlage (1), insbesondere Hoch- oder Mittelspannungsschaltanlage (1), **gekennzeichnet durch** eine Vorrichtung (2) nach einem der Ansprüche 11-12. 40 45

50

55





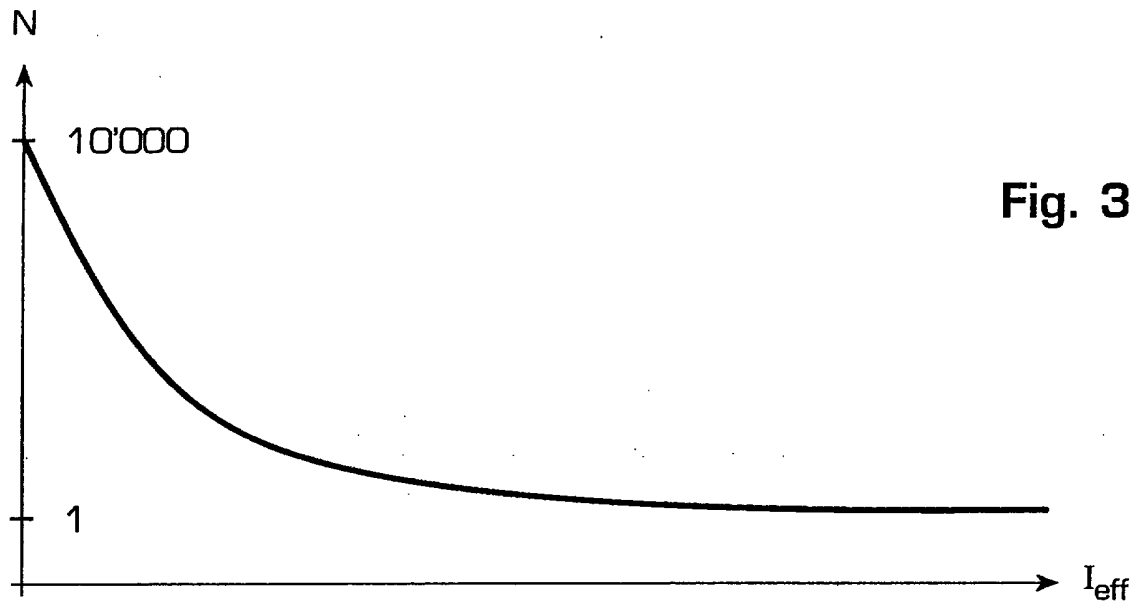


Fig. 3

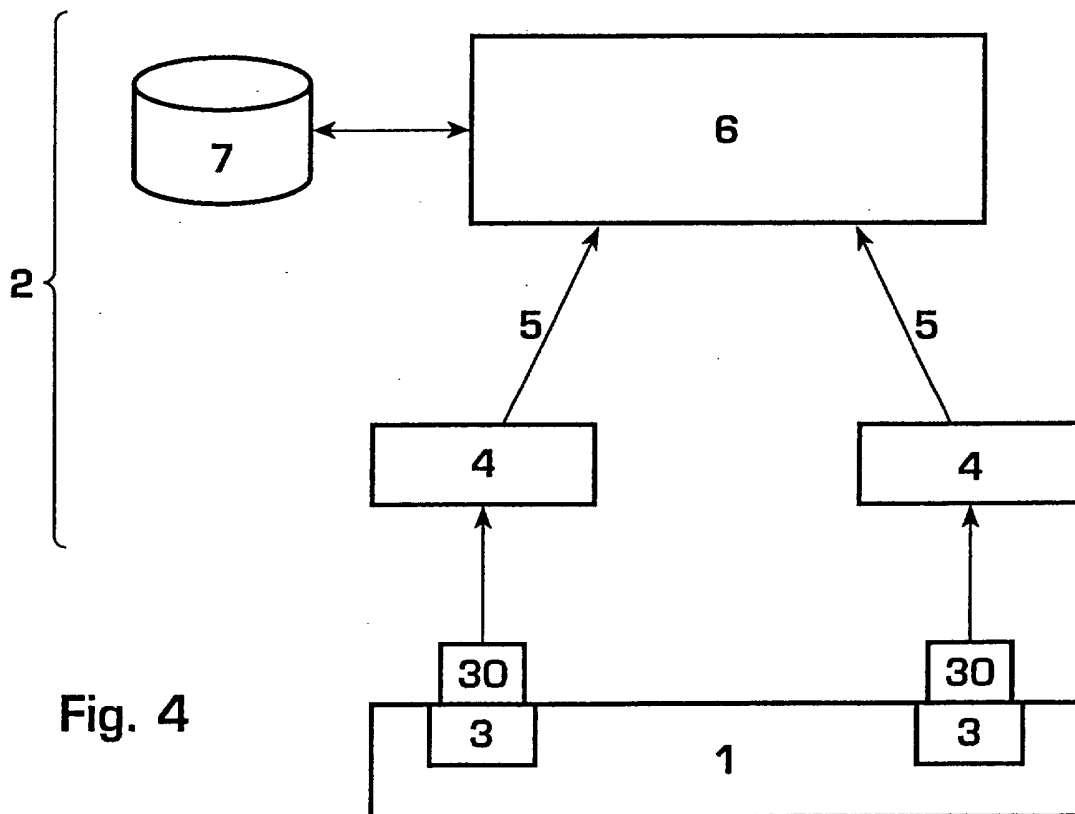


Fig. 4



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER TEILRECHERCHENBERICHT

der nach Regel 45 des Europäischen Patent-  
übereinkommens für das weitere Verfahren als  
europäischer Recherchenbericht gilt

Nummer der Anmeldung

EP 03 40 5322

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DE 199 28 192 A (ABB PATENT GMBH) 21. Dezember 2000 (2000-12-21)	1-5, 11-13	H01H1/00
Y	* Spalte 2, Zeile 12 - Spalte 4, Zeile 36; Abbildungen *	6-9	
D,Y	DE 102 04 849 A (GEN ELECTRIC) 22. August 2002 (2002-08-22) * Spalte 5, Zeile 38 - Spalte 8, Zeile 42; Abbildungen *	6-9	
D,A	EP 0 193 732 A (LICENTIA GMBH) 10. September 1986 (1986-09-10) * Zusammenfassung; Abbildung 3 *	1,11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			H01H H02H
UNVOLLSTÄNDIGE RECHERCHE			
<p>Die Recherchenabteilung ist der Auffassung, daß ein oder mehrere Ansprüche, den Vorschriften des EPÜ in einem solchen Umfang nicht entspricht bzw. entsprechen, daß sinnvolle Ermittlungen über den Stand der Technik für diese Ansprüche nicht, bzw. nur teilweise, möglich sind.</p> <p>Vollständig recherchierte Patentansprüche:</p> <p>Unvollständig recherchierte Patentansprüche:</p> <p>Nicht recherchierte Patentansprüche:</p> <p>10</p> <p>Grund für die Beschränkung der Recherche:</p> <p>Artikel 52 (2)(c) EPÜ - Programm für Datenverarbeitungsanlagen</p>			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
MÜNCHEN		16. September 2003	
		Prüfer	
		Findeli, L	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN			
<p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</p> <p>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</p> <p>A : technologischer Hintergrund</p> <p>O : mündliche Offenbarung</p> <p>P : Zwischenliteratur</p>		<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p> <p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</p> <p>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 03 40 5322

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-09-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19928192	A	21-12-2000	DE	19928192 A1	21-12-2000
-----					
DE 10204849	A	22-08-2002	US	2001019573 A1	06-09-2001
			DE	10204849 A1	22-08-2002
-----					
EP 0193732	A	10-09-1986	DE	3505818 A1	21-08-1986
			DE	3678315 D1	02-05-1991
			EP	0193732 A1	10-09-1986
			FI	860734 A ,B,	21-08-1986
-----					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82