



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 1 475 813 B1**

(12)

## **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**27.01.2010 Patentblatt 2010/04**

(51) Int Cl.:  
**H01H 1/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **03405322.3**

(22) Anmeldetag: **07.05.2003**

### **(54) Verfahren und Vorrichtung zur Ueberwachung von Schaltgeräten in elektrischen Schaltanlagen**

Method and apparatus for controlling switching devices in electrical switchgear

Procédé et dispositif de contrôle d'appareils de commutation dans des installations de commutation électriques

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**10.11.2004 Patentblatt 2004/46**

(73) Patentinhaber: **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)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 193 732 DE-A- 10 204 849  
DE-A- 19 928 192**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## 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 Kontaktbrand 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 Kontaktbrand unberücksichtigt bleiben. Nachteilig ist auch der relativ grosse Mess- und Rechenaufwand.

**[0003]** 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 Kontaktbrand kann dabei direkt, z. B. durch Weggeber, Drehwinkelgeber oder Lichtschranken, er-

fasst oder indirekt durch Verknüpfung von Stromhöhe, Schaltspannung, Phasenwinkel, Anzahl Schaltungen, Schaltaugenblicke, Stromsteilheit oder Zeitkonstanten bestimmt werden. Insbesondere wird der Kontaktab-

brand 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.

**[0004]** DE 199 28 192 zeigt ein Verfahren zur Rekonstruktion eines Stromsignals basierend auf einem Nelder-Mead Simplex Algorithmus. Die bevorzugte Wahl der Stützstellen für die Rekonstruktion wird diskutiert und eine Leistungsschalterkontaktebewertung erwähnt.

15

### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0005]** 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.

**[0006]** 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 Kontaktbrand 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 Kontaktbrand 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 Kontaktver-

schleiss 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 gesenkt werden.

**[0007]** 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, des Weiteren 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

### [0008]

- 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;
- Fig. 4 15 ein schematisch dargestelltes erfindungsgemässes Datenerfassungssystem für die Kontaktabnutzung in einer elektrischen Schaltanlage.

In den Figuren sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

## WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

- [0009]** 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 eingerechnet. 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.
- 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  $I_{mess}$  eines Stromwandlers 30 oder Stromsensors 30 als Funktion der Zeit  $t$  erfasst wird, bei Abweichungen zwischen erwartetem Kontaktstrom  $I_f$  und Strommesssignal  $I_{mess}$  ein 35 Messfehler  $\Delta$  detektiert wird und aus dem Strommesssignal  $I_{mess}$  mindestens ein charakteristischer Stromwert  $I_{char}$  bestimmt und zur Bestimmung einer Kontaktabnutzung charakterisierenden Zustandsgrösse verwendet wird. Diese Abschätzung ist zwar häufig etwas zu konservativ, aber immer auf der sicheren Seiten. Das Verfahren kann Bestandteil eines Power System Monitoring Systems sein.
- Fig. 1 zeigt hierzu ein Ausführungsbeispiel, bei dem ein weitgehend sinusförmiger Fehlerstrom  $I_f$  vorliegt. Im 40 Strommesssignal  $I_{mess}$  tritt eine Sättigung auf und es wird zum Zeitpunkt  $t_{max}$  innerhalb einer Viertelperiode des Fehlerstromsignals  $I_f$  oder der am Schalter 3 anliegenden 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  $I_{mess}(t)$  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  $I_{mess}$  vor Erreichen einer Viertelperiode der Netzfrequenz auftritt, ein sicheres Indiz für einen Messfehler  $\Delta$ . Das Strommaximum  $I_{max}$  wird nun als charakteristischer Stromwert  $I_{char}$  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  $I_{mess}$  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 Binärindikation 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  $\int f(I_{mess}) dt$  über eine Funktion  $f(I_{mess})$  des streckenweise erfassten und streckenweise approximierten Strommesssignals  $I_{mess}$  gebildet. Bevorzugt wird als Funktion  $f(I_{mess})$  des Strommesssignals  $I_{mess}$  eine Potenzfunktion  $f(I_{mess})=I_{mess}^a$  mit  $a=1, 2 \dots 2,2$ , insbesondere  $a=1,6 \dots 2,0$ , verwendet. Beispielsweise wird das Integral  $\int I_{mess}^2 dt$  oder  $\int I_{mess}^{1,6} dt$  mit dem gemäss Fig. 1 approximierten Strommesssignal  $I_{mess}$  zur näherungsweisen Bestimmung der Kontaktabbrands bestimmt. Als Funktion  $f(I_{mess})$  kann auch eine einen effektiven Abschaltstrom  $I_{eff}$  definierende Quadratwurzelfunk-

tion  $f(I_{mess}) = (I_{mess}^2)^{1/2}$  verwendet werden. Andere Funktionen  $f(I_{mess})$  sind ebenfalls möglich. Das Zeitintegral  $\int f(I_{mess}) dt$  über die Funktion  $f(I_{mess})$  kann durch eine Summation von Funktionswerten an Stützstellen approximiert werden, wobei die Stützstellen z. B. durch Abtastung des Strommesssignals  $I_{mess}$  gegeben sind. Insbesondere wird die Zustandsgrösse gleich dem Zeitintegral  $\int f(I_{mess}) dt$  mal einer Kontaktabbrandkonstanten  $c$  gewählt und die Kontaktabbrandkonstante  $c$  aus Herstellerangaben, insbesondere aus Kurven über Anzahl erlaubter Schalthandlungen  $N(I_{eff})$  in Funktion eines effektiven Abschaltstroms pro Schalthandlung  $I_{eff}$ , und/oder aus Erfahrungswerten für einen Schaltertyp und Schaltiereinsatzort 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-Schlaufe, 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  $MidhPositivePeriod$  ist,  $saturation=true$  und  $CWI$  gleich  $I_{max}$  gesetzt; falls  $cnt \geq MidhPositivePeriod$  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  $I_{mess}$ , 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  $I_{eff}$  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 Erfin-

dung kann ergänzend für jede Schalthandlung ein effektiver Ausschaltstrom  $I_{eff}$  bestimmt werden, aus einer Kurve über Anzahl erlaubter Schalthandlungen  $N(I_{eff})$  in Funktion des effektiven Ausschaltstroms  $I_{eff}$  eine Kontaktabnutzung als Prozentwert der ausgeführten relativ zur Gesamtzahl erlaubter Schalthandlungen bei diesem effektiven Ausschaltstrom  $I_{eff}$  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 Cwsum dar.

**[0010]** Beispielsweise kann eine Wartung des Schalters 3 zum ersten Zeitpunkt veranlasst werden, an dem die Zustandsgrösse Cwsum 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  $I_{eff}$  erreicht.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Datenerfassungssystems zur erfindungsgemäsen Bestimmung der Kontaktabbrandzustandsgrösse Cwsum und/oder des kumulierten Prozentwerts aus  $N(I_{eff})$ . 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  $\int I_{mess}^2 dt$  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  $I_{char}$  gewählt wird, mit dem der Messfehler  $\Delta$  im Strommesssignal  $I_{mess}$  so korrigiert werden kann, dass eine möglichst genaue Bestimmung der Zustandsgrösse Cwsum 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 Schaltereinsatzort angepassten Funktion  $f(I_{mess})$  des Strommesssignals  $I_{mess}$ , ausgewertet werden. Dabei kann die Kontaktabnutzung aus Aufzeichnungen von Abschaltströmen  $I_{mess}$  aus Störschreibern 4 oder Schutz- und Steuergeräten 4 mit Störschreibfunktion bestimmt werden, wobei alle Aufzeichnungen der Abschaltströme  $I_{mess}$  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 bedingungsgesteuerte statt periodische Wartung von Schaltern 3 und deren Schalterkontakte.

## BEZUGSZEICHENLISTE

### 25 [0011]

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
35	Datenbank für Daten über Kontaktabnutzung
I	Kontaktstrom, Lichtbogenstrom
$I_{char}$	charakteristischer Stromwert
40	effektiver Strom
$I_{eff}$	Fehlerstrom
$I_f$	maximaler Strom
$I_{max}$	Strommesssignal
$I_{mess}$	t, $t_0$ , $t_{max}$ Zeit
45	cnt, CWI, Cwsum, Sample Variablen PositivePeriod, MidthPositivePeriod, saturation Konstanten
N	Anzahl erlaubter Schalthandlungen

### 50 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 Schalthandlung durch den Schalter (3) fliessender Kontaktstrom ( $I_f$ ) mit Hilfe eines Stromwandlers (30) erfasst wird und hinsichtlich Kontaktabnutzung ausgewertet

- wird, wobei
- a) zur Bestimmung einer die Kontaktabnutzung charakterisierenden Zustandsgrösse ( $C_{wsum}$ ) zunächst ein Strommesssignal ( $I_{mess}$ ) des Stromwandlers (30) als Funktion der Zeit ( $t$ ) gemessen wird, 5
  - b) bei Auftreten von Abweichungen zwischen dem erwarteten Kontaktstrom ( $I_f$ ) und dem Strommesssignal ( $I_{mess}$ ) das Vorhandensein eines Messfehlers ( $\Delta$ ) detektiert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**
  - c) bei Detektion des Messfehlers ( $\Delta$ ) aus dem Strommesssignal ( $I_{mess}$ ) mindestens ein maximales Strommesssignal ( $I_{max}$ ) als charakteristischer Stromwert ( $I_{char}$ ) bestimmt wird und zur Bestimmung der Zustandsgrösse ( $C_{wsum}$ ) verwendet wird. 15
2. Das Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** 20
- a) als Messfehler ( $\Delta$ ) eine Sättigung des Strommesssignals ( $I_{mess}$ ) detektiert wird und
  - b) als charakteristischer Stromwert ( $I_{char}$ ) ein maximales Strommesssignal ( $I_{max}$ ) des Stromwandlers (30) verwendet wird, das vor Erreichen einer Viertelperiode eines am Schalter (30) anliegenden Wechselstroms auftritt. 25
3. Das Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** 30
- a) der Kontaktstrom ( $I_f$ ) ein Überstrom oder Kurzschlussstrom ( $I_f$ ) während einer Abschalt- handlung ist und/oder
  - b) die Zustandsgrösse ( $C_{wsum}$ ) ein Mass für eine Lichtbogenleistung während der Schalthandlung, insbesondere ein Kontaktstrom-Zeitintegral, ist. 35
4. Das Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** 40
- a) das Strommesssignal ( $I_{mess}$ ) 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 wird, 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 wird und 45
  - b) zur Bestimmung der Zustandsgrösse ( $C_{wsum}$ ) ein Zeitintegral  $\int f(I_{mess})dt$  über eine Funktion  $f(I_{mess})$  des erfassten und approximierten Strommesssignals ( $I_{mess}$ ) gebildet wird. 50
5. Das Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** 55
- 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  $f(I_{mess})$  des Strommesssignals ( $I_{mess}$ ) eine Potenzfunktion  $f(I_{mess}) = I_{mess}^a$  mit  $a=1,2 \dots 2,2$ , insbesondere  $a=1,6 \dots 2,0$ , oder eine einen effektiven Abschaltstrom ( $I_{eff}$ ) definierende Quadratwurzelfunktion  $f(I_{mess}) = (I_{mess}^2)^{1/2}$  verwendet wird. 60
7. Das Verfahren nach einem der Ansprüche 4-6, **dadurch gekennzeichnet, dass** 65
- a) die Zustandsgrösse ( $C_{wsum}$ ) gleich dem Zeitintegral  $\int f(I_{mess})dt$  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 ( $I_{eff}$ ), und/oder aus Erfahrungswerten für einen Schalttyp und Schaltreinsatzort bestimmt wird.
8. Das Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** 70
- a) für jede Schalthandlung ein effektiver Ausschaltstrom ( $I_{eff}$ ) bestimmt wird,
  - b) aus einer Kurve ( $N(I_{eff})$ ) über Anzahl erlaubter Schalthandlungen ( $N$ ) in Funktion des effektiven Ausschaltstroms ( $I_{eff}$ ) eine Kontaktabnutzung als Prozentwert der ausgeführten relativ zur Gesamtzahl erlaubter Schalthandlungen bei diesem effektiven Ausschaltstrom ( $I_{eff}$ ) 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** 75
- a) die Kontaktabnutzung on-line überwacht wird

- oder rückwirkend aus archivierten Daten, insbesondere mit einer angepassten Funktion  $f(I_{mess})$  des Strommesssignals ( $I_{mess}$ ), ausgewertet wird und/oder
- b) die Kontaktabnutzung aus Aufzeichnungen von Abschaltströmen ( $I_{mess}$ ) aus Störschreibern (4) oder Schutz- und Steuergeräten (4) mit Störschreifunktion bestimmt wird, wobei alle Aufzeichnungen der Abschaltströme ( $I_{mess}$ ) 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. Computerprogrammprodukt mit einem 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.
11. Vorrichtung (2) zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-9.
12. Vorrichtung (2) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- a) der elektrische Schalter (3) ein Leistungsschalter (3) ist und/oder
  - 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.
- Claims**
1. A method for determining contact wear in an electrical switchgear (3), especially in electric switchgear assemblies (1) for high and medium voltage, wherein a contact current ( $I_f$ ) flowing through the switchgear (3) during a switching action is recorded using a current transformer (30) and is evaluated with regard to contact wear, wherein
    - a) in order to determine a status variable characterising the contact wear (Cwsum), a current measuring signal ( $I_{mess}$ ) of the current transformer (30) is first measured as a function of the time ( $t$ ),
  - 5 b) in the event of deviations between the predicted contact current ( $I_f$ ) and the current measuring signal ( $I_{mess}$ ), the presence of a measurement error ( $\Delta$ ) is detected, **characterised in that**
    - c) in the event of detection of the measurement error ( $\Delta$ ) at least one maximum current measuring signal ( $I_{max}$ ) is determined from the current measuring signal ( $I_{mess}$ ) as a characteristic current value ( $I_{char}$ ) and is used to determine the status variable (Cwsum).
  - 10 2. The method according to claim 1, **characterised in that**
    - a) a saturation of the current measuring signal ( $I_{mess}$ ) is detected as the measurement error ( $\Delta$ ) and
    - b) a maximum current measuring signal ( $I_{max}$ ) of the current transformer (30), which occurs before reaching a quarter period of an alternating current applied to the switchgear (3), is used as the characteristic current value ( $I_{char}$ ).
  - 15 3. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
    - a) the contact current ( $I_f$ ) is an overcurrent or a short-circuit current ( $I_f$ ) during a switch-off action and/or
    - b) the status variable (Cwsum) is a measure for an arcing power during the switching action, especially a contact current time integral.
  - 20 4. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
    - a) the current measuring signal ( $I_{mess}$ ) is recorded from a first time point ( $t_0$ ) at the beginning of the current half-wave in which the switching action occurs, until a second time point ( $t_{max}$ ), at which the maximum current measuring signal ( $I_{max}$ ) occurs, and from the second time point ( $t_{max}$ ) until a third time point ( $t_0$ ) at the end of the current half-wave, is approximated by the maximum current measuring signal ( $I_{max}$ ) and
    - b) in order to determine the status variable (Cwsum) a time integral  $\int f(I_{mess}) dt$  is formed over a function  $f(I_{mess})$  of the recorded and approximated current measuring signal ( $I_{mess}$ ).
  - 25 5. The method according to claim 4, **characterised in that**
    - a) the first time point ( $t_0$ ) is defined as the starting time of an arc of the contact current ( $I_f$ ) and is known as a binary indication in fault notation or is determined with a time delay based on em-

- pirical values from an opening command, a protection trigger command or a contact movement of the switchgear (3) and
- b) especially that the time delay is corrected by comparing actual values with predicted values of the contact wear.
6. The method according to any one of claims 4-5, **characterised in that** a power function  $f(I_{mess}) = I_{mess}^a$  where  $a=1.2 \dots 2.2$ , especially  $a=1.6 \dots 2.0$ , or a square root function  $f(I_{mess})=(I_{mess}^2)^{1/2}$  defining an effective switch-off current ( $I_{eff}$ ) is used as the function  $f(I_{mess})$  of the current measuring signal ( $I_{mess}$ ). 10
7. The method according to any one of claims 4-6, **characterised in that**
- a) the status variable ( $Cwsum$ ) is selected to be equal to the time integral  $\int f(I_{mess}) dt$  times a contact wear constant  $c$  and 20
  - b) the contact wear constant  $c$  is determined from manufacturer's data, especially from curves giving the number of permitted switching actions as a function of an effective switch-off current per switching action ( $I_{eff}$ ), and/or from empirical values for a type of switchgear and switchgear usage location. 25
8. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
- a) an effective switch-off current ( $I_{eff}$ ) is determined for each switching action,
  - b) from a curve ( $N(I_{eff})$ ) giving the number of permitted switching actions ( $N$ ) as a function of the effective switch-off current ( $I_{eff}$ ), a contact wear is determined as a percentage of the switching actions executed relative to the total number permitted for this effective switch-off current ( $I_{eff}$ ) and 40
  - c) the percentages for all the relevant switching actions executed are summed to give a cumulative contact wear. 45
9. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
- a) the contact wear is monitored on-line or is evaluated with reference to archived data, especially using a matched function  $f(I_{mess})$  of the current measuring signal ( $I_{mess}$ ), and/or
  - b) the contact wear is determined from recordings of switch-off currents ( $I_{mess}$ ) from fault recorders (4) or protection and control equipment (4) having a fault recording function, wherein all recordings of the switch-off currents ( $I_{mess}$ ) of a switchgear assembly (1) are collected in a cen- 50
  - tral data acquisition system (6), especially via data carrier (5) or via communication (5) or in a fault recorder collecting system (4-6). 55
- 5 10. A computer program product with a computer program for determining contact wear in an electrical switchgear (3), especially in electric switchgear assemblies (1) for high or medium voltage which can be loaded and executed on a data processing unit (6), especially in a plant control system of the switchgear assembly (1), **characterised in that** the computer program executes the steps of the method according to any one of claims 1-9 during implementation. 15
11. A device (2) for implementing the method according to any one of claims 1-9. 20
12. The device (2) according to claim 11, **characterised in that**
- a) the electric switchgear (3) is a circuit breaker (3) and/or
  - b) the current transformer (30) is a conventional current transformer (30) with a saturable core. 25
13. An electrical switchgear assembly (1), especially a high- or medium-voltage switchgear assembly (1), **characterised by** a device (2) according to any one of claims 11-12. 30

## Revendications

- 35 1. Procédé pour déterminer l'usure des contacts dans un commutateur électrique (3), notamment un appareillage de commutation électrique (1) pour haute ou moyenne tension, un courant de contact ( $I_f$ ) qui circule à travers le commutateur (3) pendant une opération de commutation étant détecté à l'aide d'un convertisseur de courant (30) et analysé du point de vue de l'usure des contacts, selon lequel
- a) un signal mesuré du courant ( $I_{mess}$ ) du convertisseur de courant (30) est tout d'abord mesuré en fonction du temps ( $t$ ) pour déterminer une grandeur d'état ( $Cwsum$ ) qui caractérise l'usure des contacts,
  - b) s'il se produit des écarts entre le courant de contact ( $I_f$ ) attendu et le signal mesuré du courant ( $I_{mess}$ ), la présence d'une erreur de mesure ( $\Delta$ ) est détectée, **caractérisé en ce que**
  - c) en cas de détection de l'erreur de mesure ( $\Delta$ ), au moins un signal mesuré du courant maximum ( $I_{max}$ ) est déterminé à partir du signal mesuré du courant ( $I_{mess}$ ) en tant que valeur caractéristique du courant ( $I_{char}$ ) et utilisé pour déterminer

la grandeur d'état (Cwsum).

**2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que**

- a) l'erreur de mesure ( $\Delta$ ) détectée est une saturation du signal mesuré du courant ( $I_{mess}$ ) et
- b) la valeur caractéristique du courant ( $I_{char}$ ) utilisée est un signal mesuré du courant maximum ( $I_{max}$ ) du convertisseur de courant (30) qui survient avant d'atteindre un quart de période d'un courant alternatif appliquée au commutateur (30).

**3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que**

- a) le courant de contact ( $I_f$ ) est une surintensité ou un courant de court-circuit ( $I_f$ ) pendant une opération de déconnexion et/ou
- b) la grandeur d'état (Cwsum) est une mesure de la puissance d'un arc électrique pendant l'opération de commutation, notamment une intégrale dans le temps du courant de contact.

**4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que**

- a) le signal mesuré du courant ( $I_{mess}$ ) est détecté entre un premier instant ( $t_0$ ) au début de la demi période de courant dans laquelle se produit l'opération de commutation et un deuxième instant ( $t_{max}$ ) auquel se produit un signal mesuré du courant maximum ( $I_{max}$ ) et il est déterminé par approximation par le signal mesuré du courant maximum ( $I_{max}$ ) à partir du deuxième instant ( $t_{max}$ ) jusqu'à un troisième instant ( $t_0$ ) à la fin de la demi période de courant et
- b) une intégrale dans le temps  $\int f(I_{mess})dt$  sur une fonction  $f(I_{mess})$  du signal mesuré du courant ( $I_{mess}$ ) détecté et déterminé par approximation est calculée pour déterminer la grandeur d'état (Cwsum).

**5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que**

- a) le premier instant ( $t_0$ ) est défini comme le moment du début d'un arc électrique du courant de contact ( $I_f$ ) et il est connu sous la forme d'une indication binaire dans le tracé des perturbations ou alors il est déterminé avec un retard dans le temps basé sur des valeurs empiriques à partir d'une commande d'ouverture, une commande de déclenchement de la protection ou un mouvement des contacts du commutateur (3) et
- b) notamment que le retard dans le temps est corrigé par comparaison des valeurs réelles

avec les valeurs attendues de l'usure des contacts.

**6. Procédé selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce qu'une fonction de puissance  $f(I_{mess}) = I_{mess}^a$ , avec  $a = 1,2 \dots 2,2$ , notamment  $a = 1,6 \dots 2,0$ , ou une fonction de racine carrée  $f(I_{mess}) = (I_{mess})^{2/1/2}$  définissant un courant de déconnexion efficace ( $I_{eff}$ ) est utilisée comme fonction  $f(I_{mess})$  du signal mesuré du courant ( $I_{mess}$ ).**

**7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que**

- a) la grandeur d'état (Cwsum) est choisie égale à l'intégrale dans le temps  $\int f(I_{mess})dt$  multipliée par une constante de combustion du contact  $c$  et
- b) la constante de combustion du contact  $c$  est déterminée à partir des indications du fabricant, notamment à partir des courbes du nombre d'opérations de commutation autorisées en fonction d'un courant de déconnexion efficace par opération de commutation ( $I_{eff}$ ) et/ou à partir des valeurs empiriques pour un type de commutateur et un lieu d'utilisation du commutateur.

**8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que**

- a) un courant de déconnexion efficace ( $I_{eff}$ ) est déterminé pour chaque opération de commutation,
- b) une usure des contacts est déterminée à partir d'une courbe ( $N(I_{eff})$ ) du nombre d'opérations de commutation autorisées ( $N$ ) en fonction du courant de déconnexion efficace ( $I_{eff}$ ) sous la forme d'un pourcentage d'opérations de commutation accomplies par rapport au nombre total autorisé avec ce courant de déconnexion efficace ( $I_{eff}$ ) et
- c) les pourcentages de toutes les opérations de commutation accomplies pertinentes sont additionnés pour former une usure cumulée des contacts.

**9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que**

- a) l'usure des contacts est surveillée en ligne ou interprétée de manière rétroactive à partir de données archivées, notamment avec une fonction  $f(I_{mess})$  adaptée du signal mesuré du courant ( $I_{mess}$ ) et/ou
- b) l'usure des contacts est déterminée à partir d'enregistrements des courants de déconnexion ( $I_{mess}$ ) provenant de traceurs de perturbations (4) ou d'appareils de protection et de commande (4) disposant d'une fonction de tra-

çage des perturbations, tous les enregistrements des courants de déconnexion ( $I_{mess}$ ) d'un appareillage de commutation (1) étant collectés dans un dispositif d'acquisition de données central (6), notamment par le biais d'un support de données (5) ou par communication (5) ou dans un système commun de tracé des perturbations (4-6). 5

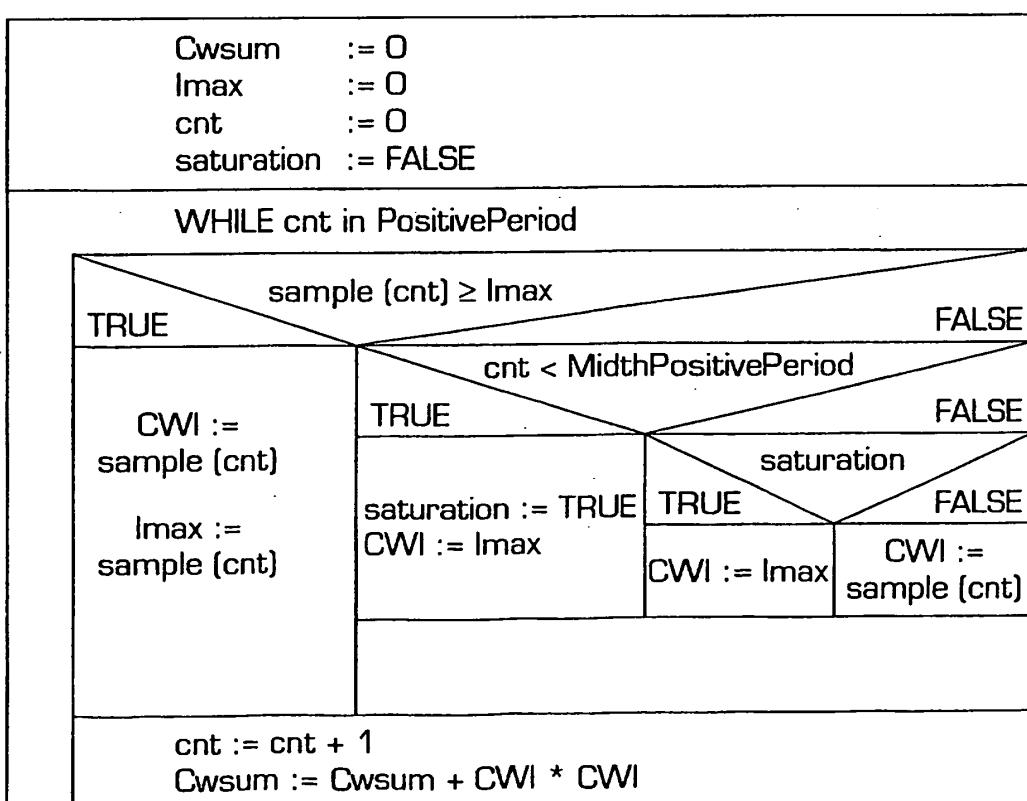
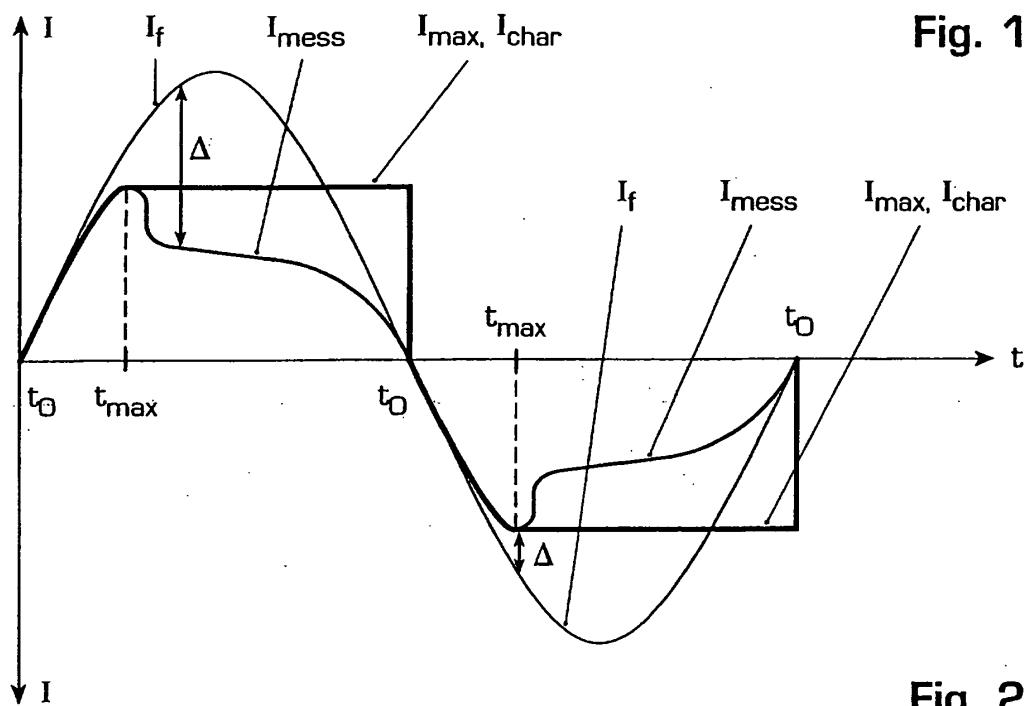
- 10.** Produit programme informatique comprenant un programme informatique pour déterminer l'usure des contacts dans un commutateur électrique (3), notamment un appareillage de commutation électrique (1) pour haute ou moyenne tension, lequel peut être chargé et exécuté sur une unité de traitement de données (6), notamment dans un système pilote d'équipement de l'appareillage de commutation (1), **caractérisé en ce que** le programme informatique, lors de son exécution, exécute les étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 9. 10  
15  
20
- 11.** Dispositif (2) pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 9.
- 12.** Dispositif (2) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** 25
  - a) le commutateur électrique (3) est un commutateur de puissance (3) et/ou
  - b) le convertisseur de courant (30) est un convertisseur de courant (30) conventionnel à noyau saturable. 30
- 13.** Appareillage de commutation électrique (1), notamment appareillage de commutation électrique (1) pour haute ou moyenne tension, **caractérisé par** un dispositif (2) selon l'une des revendications 11 et 12. 35

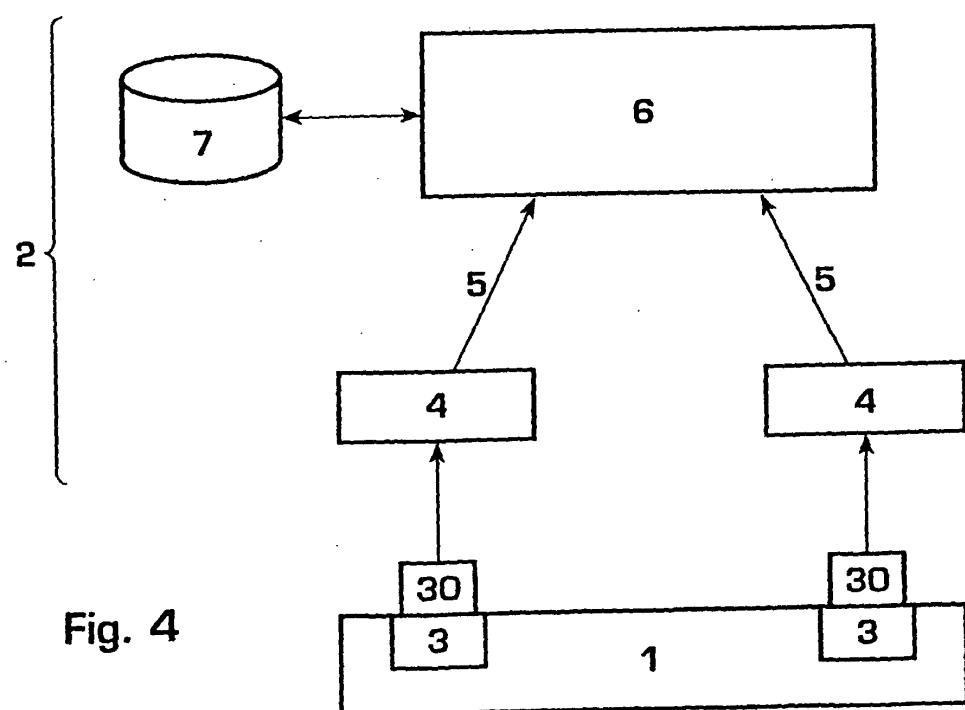
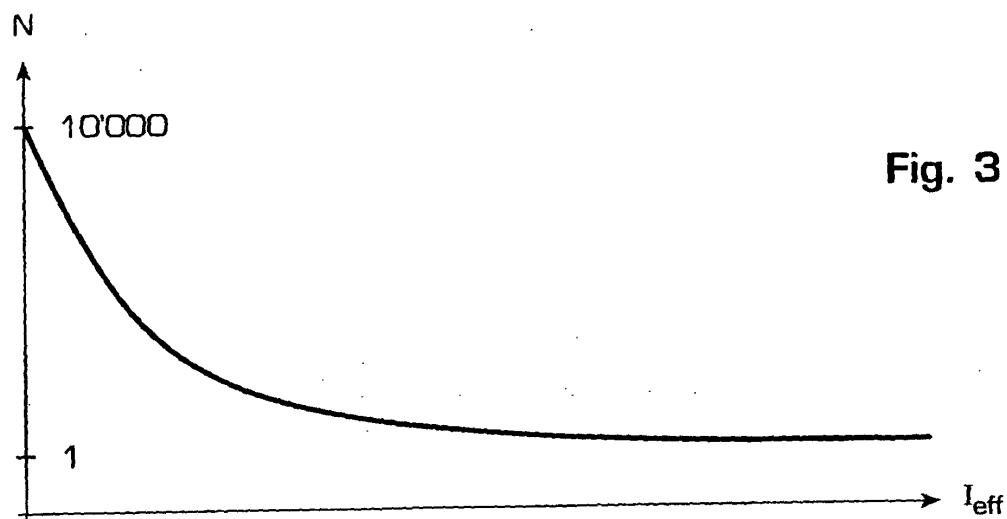
40

45

50

55





**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 10204849 A1 [0002]
- EP 0193732 A1 [0003]
- DE 19928192 [0004]