



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.06.2011 Patentblatt 2011/22

(51) Int Cl.:
H01H 1/00 (2006.01) *H01H 33/66 (2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **09177112.1**

(22) Anmeldetag: **25.11.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

- **Hencken, Kai**
D-79539 Lörrach (DE)
- **Smajic, Eldin**
CH-4552 Derendingen (CH)

(71) Anmelder: **ABB Research Ltd.**
8050 Zürich (CH)

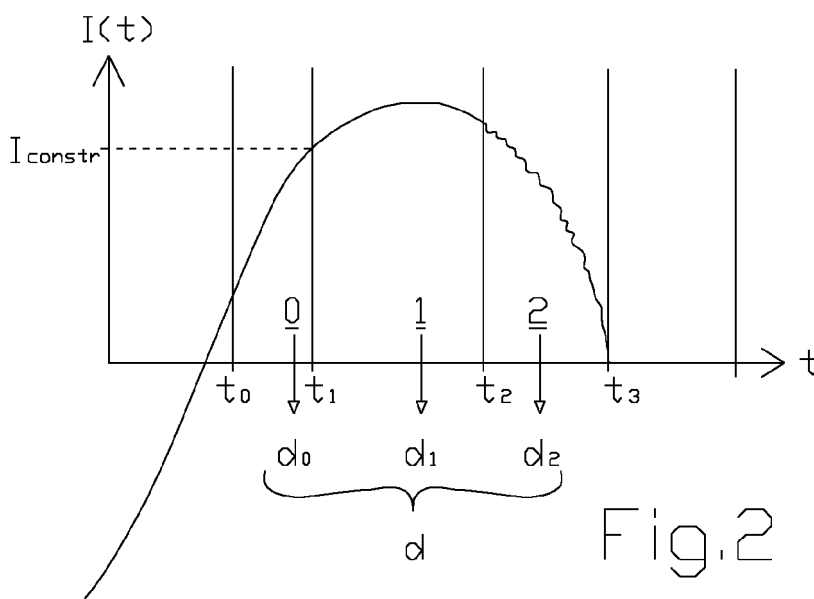
(74) Vertreter: **ABB Patent Attorneys**
C/o ABB Schweiz AG
Intellectual Property (CH-LC/IP)
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Schrag, Daniel**
CH-6426 Lufingen (CH)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen einer Abnutzung eines Kontaktelements**

(57) Ein Verfahren zum Bestimmen einer Abnutzung eines Kontaktelements eines elektrischen Schalters, insbesondere einer Schaltanlage für Hoch- oder Mittelspannung, umfasst das Erfassen von elektrischen Werten, die eine für einen während einer Schalthandlung an dem Schalter auftretenden Lichtbogen relevante elektrische Größe als Funktion der Zeit darstellen; und das Berechnen eines die Abnutzung des Kontaktelements darstellenden Abnutzungswerts aus einer Mehrzahl von Abnut-

zungsbeitragswerten, wobei die Abnutzungsbeitragswerte unter Verwendung einer Mehrzahl von Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften aus einer Mehrzahl von Werte-Teilmengen der erfassten elektrischen Werte berechnet werden, so dass jeder der Abnutzungsbeitragswerte nach einer jeweiligen der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften aus einer jeweiligen der Werte-Teilmengen berechnet wird, und wobei sich zumindest zwei der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften voneinander unterscheiden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der elektrischen Schalter, insbesondere der Schaltanlagen für Hoch- oder Mittelspannung. Aspekte der Erfindung betreffen ein Verfahren zum Bestimmen einer Abnutzung eines Kontaktelements eines solchen Schalters. Weitere Aspekte der Erfindung betreffen eine elektronische Einheit für einen elektrischen Schalter.

[0002] Leistungsschalter unterliegen ständigem Verschleiß und sollten daher regelmäßig kontrolliert und gewartet werden. Insbesondere führt der bei einer Schalthandlung (z.B. Schutzabschaltung) auftretende Lichtbogen zu einer Materialabnutzung der Kontaktstücke und trägt somit erheblich zum Verschleiß bei. Kontakte können im Allgemeinen nicht auf einfache Weise überprüft werden, ohne kostenintensives Zerlegen und Abschalten der Leistung. Üblicherweise wird daher eine periodische Leistungsschalterwartung vorgenommen, gegebenenfalls mit vorgezogener Wartung, wenn Schutzabschaltungen mit hohen Strömen aufgetreten sind. Damit wird in der Regel der Schalter zu häufig gewartet. Die Wartung verursacht vermeidbare Kosten, und ein zusätzliches Risiko, dass bei der Wartung Schäden verursacht werden. Andererseits besteht bei zu großen Wartungsintervallen jedoch ein Risiko, dass ein Verschleiß bzw. eine Kontaktabnutzung nicht frühzeitig erkannt wird. Hier besteht das Risiko einer Fehlfunktion, zumindest aber eines Leistungsverlusts des Schalters.

[0003] Daher wäre es wünschenswert, die Abnutzung der Kontaktstücke zuverlässiger zu bestimmen. Diese Abnutzung ist jedoch schwierig zu messen oder vorauszusagen, da sie durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird. Es wird allgemein angenommen, dass die Kontaktabnutzung durch den kumulativen Energieumsatz (Verlustleistung) bei dem Auftreten von Lichtbogen bei geöffnetem Leistungsschalter hervorgerufen wird. Allein das Zählen der Anzahl der bei einem Leistungsschalter aufgetretenen Fehler kann daher keine genaue Abschätzung bezüglich der Kontaktabnutzung ergeben.

[0004] EP 1475813 A1 beschreibt Verfahren zur Bestimmung von Kontaktabnutzung 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. Zur Bestimmung einer die Kontaktabnutzung charakterisierenden Zustandsgröße wird zunächst ein Strommesssignal des Stromwandlers als Funktion der Zeit gemessen, bei Auftreten von Abweichungen zwischen dem erwarteten Kontaktstrom und dem Strommesssignal wird das Vorhandensein eines Messfehlers detektiert, und bei Detektion des Messfehlers wird aus dem Strommesssignal mindestens ein charakteristischer Stromwert bestimmt und zur Bestimmung der Zustandsgröße verwendet. Auch DE 10204849 A1 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Kontaktabnutzung.

[0005] Die bekannten Verfahren zum Bestimmen einer Abnutzung sind jedoch hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit immer noch verbesserungsfähig. Auch ist es wünschenswert, Verfahren zu erhalten, die in einer Vielzahl unterschiedlicher Schaltsituationen so zuverlässige Ergebnisse liefern, dass sie für eine automatisierte (Fern-) Diagnose- und Wartung geeignet sind. Auf diese Weise können kostenintensive Wartungsarbeiten reduziert werden. Gleichzeitig kann eine zuverlässige kontinuierliche Zustandsüberwachung verwirklicht werden. Auch ist es erstrebenswert, Probleme und Abnutzungen zu erkennen und zu beseitigen, bevor sie kritisch werden.

[0006] Um zumindest einige der oben genannten Punkte zumindest zu verbessern, wird daher ein Verfahren gemäß Anspruch 1, eine Schaltersteuerung gemäß Anspruch 13 und eine Schaltanlage gemäß Anspruch 14 vorgeschlagen. Weitere Vorteile, Merkmale, Aspekte und Details der Erfindung sowie bevorzugte Ausführungen und besondere Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Figuren.

[0007] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Bestimmen einer Abnutzung eines Kontaktelements eines elektrischen Schalters (z.B. eines Vakuum Schalters), insbesondere einer Schaltanlage für Hoch- oder Mittelspannung, zur Verfügung gestellt. Das Verfahren umfasst das Erfassen von elektrischen Werten, die eine für einen während einer Schalthandlung an dem Schalter auftretenden Lichtbogen relevante elektrische Größe als Funktion der Zeit darstellen, wobei die elektrischen Werte z.B. als kontinuierliche Funktion oder als Datenreihe (Vektor) mit diskret abgetasteten Werten erfasst werden können, aber auch virtuelle Werte, z.B. (teil-)simulierte, interpolierte, oder gefittete Werte, umfassen können, in welchem Fall virtuelle Werte erfasst werden. Beispielsweise können die elektrische Werte Stromwerte sein, die einen während einer Schalthandlung durch den Schalter fließenden Kontaktstrom als Funktion der Zeit darstellen. Das Verfahren umfasst weiter das Berechnen eines die Abnutzung des Kontaktelements darstellenden Abnutzungswerts aus einer Mehrzahl von Abnutzungsbeitragswerten, wobei die Abnutzungsbeitragswerte unter Verwendung einer Mehrzahl von Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften aus einer Mehrzahl von Werte-Teilmengen der erfassten elektrischen Werte berechnet werden, so dass jeder der Abnutzungsbeitragswerte nach einer jeweiligen der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften aus einer jeweiligen der Werte-Teilmengen berechnet wird, und wobei sich zumindest zwei der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften voneinander unterscheiden. Hierbei ist eine Werte-Teilmenge so zu verstehen, dass sie auch alle erfassten elektrischen Werte umfassen kann.

[0008] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine elektronische Einheit, insbesondere ein Steuerungs- und/oder Überwachungssystem, für einen elektrischen Schalter (z.B. einen Vakuum-Schalter), insbesondere für eine Schaltanlage für Hoch- oder Mittelspannung, zur Verfügung gestellt. Die elektronische Einheit umfasst ein Wert-Ein-

gangs-Modul zum Erhalten von elektrischen Werten (z.B. von Stromwerten), die eine für einen während einer Schalthandlung an dem Schalter auftretenden Lichtbogen relevante elektrische Größe als Funktion der Zeit darstellen. Das Wert-Eingangs-Modul kann somit z.B. zum Erhalten von erfassten elektrischen Werten von einem Werte-Messgerät, aber möglicherweise auch von durch (Teil-)Simulieren oder Interpolieren usw. von erfassten elektrischen Werten aus-

gestattet sein. Die elektronische Einheit umfasst weiter ein Abnutzungs-Bestimmungs-Modul, das eine Recheneinheit und einen Datenspeicher mit durch die Recheneinheit ausführbarem Programmcode aufweist. Der Programmcode umfasst eine Mehrzahl von Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften, die zum Berechnen jeweiliger Abnutzungsbeitragswerte aus jeweiligen Werte-Teilmengen der erfassten elektrischen Werte vorgesehen sind, wobei sich zumindest zwei der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften voneinander unterscheiden, und eine Abnutzungswert-Berechnungs-Routine zum Berechnen eines die Abnutzung des Kontaktelements darstellenden Abnutzungswerts aus den Abnutzungsbeitragswerten. Insbesondere umfasst der Programmcode Vorschriften zum Ausführen von irgendwelchen hierin genannten Verfahren.

[0009] Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Vorrichtung zum Ausführen der offenbarten Verfahren und umfasst auch Vorrichtungsteile zum Ausführen jeweils einzelner Verfahrensschritte. Diese Verfahrensschritte können durch Hardwarekomponenten, durch einen mittels entsprechender Software programmierten Computer, durch eine Kombination von beiden, oder in irgendeiner anderen Weise ausgeführt werden. Die Erfindung ist des Weiteren auch auf Verfahren gerichtet, gemäß denen die jeweils beschriebenen Vorrichtungen arbeiten. Sie beinhaltet Verfahrensschritte zum Ausführen jeder Funktion der Vorrichtungen.

[0010] Im Weiteren soll die Erfindung anhand von in Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden, aus denen sich weitere Vorteileile und Abwandlungen ergeben. Dazu zeigen:

Fig. 1a zeigt ein Diagramm mit dem während einer Schalthandlung auftretenden gemessenen Strom als Funktion der Zeit;

Fig. 1b zeigt ein Diagramm mit der während einer Schalthandlung auftretenden gemessenen Spannung (genauer: Lichtbogenspannung) als Funktion der Zeit;

Fig. 2 zeigt ein Diagramm mit dem während einer Schalthandlung auftretenden Strom als Funktion der Zeit, aus dem verschiedene Lichtbogen-Phasen der Schalthandlung abgeleitet werden;

Fig. 3a und 3b zeigen jeweilige mögliche Hilfsfunktionen, die zur erfindungsgemäßen Berechnung eines Abnutzungswerts verwendet werden können; und

Fig. 4 zeigt Kontaktelemente eines elektrischen Schalters.

[0011] Bei den im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen sind einzelne Aspekte und Merkmale modular mit den Aspekten und Merkmalen anderer Ausführungsformen kombinierbar. Durch eine solche Kombination können wiederum weitere Ausführungsformen erhalten werden, die ebenfalls als zur vorliegenden Offenbarung zugehörig anzusehen sind. Im Folgenden wird ein Schalter für eine einzige Phase beschrieben. Im Allgemeinen sind drei Phasen mit jeweils zugehörigem Leistungsschalter vorhanden. Die jeweiligen Abnutzungen können dann in der Regel unabhängig voneinander bestimmt werden, gemäß irgendeinem der hierin beschriebenen Aspekte.

[0012] Im Folgenden werden hauptsächlich solche Ausführungsformen beschrieben, in denen Stromwerte erfasst werden, und die Abnutzungsbeiträge aus den Stromwerten berechnet werden. Allgemeiner können die Abnutzungsbeiträge auch aus anderen elektrischen Werten berechnet werden. Als elektrische Werte werden hierbei irgendwelche Werte von Größen verstanden, die für einen während einer Schalthandlung an dem Schalter auftretenden Lichtbogen relevant sind. Insbesondere können die elektrische Werte Stromwerte, Spannungswerte und / oder Kombinationen daraus sein (z.B. Lichtbogenleistungswerte, die durch ein Produkt aus Strom und Spannung gebildet werden). Die hierin genannten Rechenvorschriften ausgehend von dem Strom sind analog auch ausgehend von solchen weiteren elektrischen Werten anwendbar, indem die Stromwerte I in denselben Rechenvorschriften durch die anderen elektrischen Werte ersetzt werden.

[0013] Elektrische Schalter wie sie z.B. als Leistungsschalter in einer Schaltanlage für Hoch- oder Mittelspannung verwendet werden, haben üblicherweise zwei oder mehrere Kontaktstücke. Bei geschlossenem Schalter sind diese Kontaktstücke in elektrisch leitfähigem direktem Kontakt zueinander. Beim Öffnen des Schalters werden die Kontaktstücke voneinander wegbewegt und getrennt, so dass kein Strom mehr von dem einen Kontaktstück zu dem anderen Kontaktstück fließen kann. Wenn während des Schaltvorgangs ein Strom fließt, so wird während der Trennung der beiden Kontaktstücke voneinander der Stromfluss nicht sofort vollständig unterbrochen, sondern ein Lichtbogen entsteht zwischen den beiden Kontaktstücken, der für eine gewisse Zeit den Strom weiter trägt. Ein solcher Lichtbogen tritt auch bei Leistungsschaltern auf, d.h. besonderen Schaltertypen, die dafür ausgelegt sind, unter Last zu schalten, und ganz

besonders bei Leistungsschaltern für Hochspannung (d.h. Spannungen von mehr als 50 kV, z.B. 50-800 kV) oder für Mittelspannung (d.h. Spannungen von 5 kV bis 50 kV).

[0014] Ein solcher Schaltvorgang unter Last mit Lichtbogen ist in Fig. 4 am Beispiel eines Vakuum-Leistungsschalters dargestellt. Der Vakuum-Leistungsschalter 1 hat ein erstes Kontaktstück 10 und ein zweites Kontaktstück 20. Die Kontaktstücke 10, 20 weisen jeweils einen Schaft 12, 22 und einen am distalen Ende des Schafts angeordneten Kontakt-Teller 14, 24 auf. Der Kontakt-Teller 14, 24 jedes der Kontaktstücke 10, 20 hat jeweils eine Kontaktoberfläche, die bei geschlossenem Schalter eine entsprechende Kontaktoberfläche des jeweils anderen Kontaktstücks direkt kontaktiert. Die beiden Kontaktstücke 10, 20 definieren eine Schaltachse, entlang derer sie zum Öffnen des Schalters relativ zueinander auseinanderbewegbar sind. In Fig. 4 ist diese Achse die Vertikale.

[0015] In Fig. 4 ist der Schalter 1 während des Öffnens dargestellt, und die Kontaktstücke 10, 20 sind bereits entlang der Schaltachse voneinander getrennt. Die Unterbrechung des Stroms ist in Fig. 4 noch nicht vollständig abgeschlossen, und ein Lichtbogen 33 ist zwischen den Kontaktstücken 10 und 20 ausgebildet. Durch den Lichtbogen 33 vermittelt, fließt noch ein Strom vom ersten Kontaktstück 10 zum zweiten Kontaktstück. Der Strom fließt über den Schaft 12 (Stromweg 31a), über den Kontakt-Teller 14 (Stromweg 31b), sodann über den Lichtbogen 33, und über den Kontakt-Teller 24 (Stromweg 31c) und über den Schaft 22. Unter dem Einfluss des Lichtbogens wird Material der Kontaktstücke abgetragen (dieses Material bildet üblicherweise das Plasma des Lichtbogens), was zu einer Abnutzung der Kontaktstücke führt.

[0016] Im dargestellten Beispiel sind die Kontaktstücke 10, 20 als TMF-Typ gestaltet. TMF-Typ bedeutet, dass die Kontaktstücke so gestaltet sind, dass der Schaltstrom bei einem Schaltvorgang ein überwiegend transversales magnetisches Feld (senkrecht zur allgemeinen Stromfluss-Richtung bzw. zu einer Hauptrichtung des Lichtbogens, d.h. parallel zu einer durch die Kontaktoberflächen 14 und 24 definierten Fläche) hervorruft. Dies wird hier durch Schlitze in den Kontakt-Tellern 14 und 24 erreicht. Die Schlitze geben eine solche Stromflussrichtung des Stroms 31b, 31c in den Tellern vor, dass der Strom ein transversales Magnetfeld (in Fig. 4 in der horizontalen Ebene) induziert. Der in Fig. 4 gezeigte Schalter ist vom Spiral-Typ (d.h. mit spiralförmig gestalteten Schlitzen). Auch andere Formen der Kontaktstücke sind möglich. Eine mögliche alternative Form für Schalter des TMF-Typs sind z.B. schalenförmige (cup-shaped) Kontaktstücke.

[0017] Der in Fig. 4 dargestellte Schalter ist ein Vakuum-Leistungsschalter (d.h. mit einem Unterdruck in dem Schaltraum, in dem ein Lichtbogen erwartet wird, insbesondere mit einem Hochvakuum). Auch wenn sich manche Vorteile der Erfindung besonders gut für Vakuum-Leistungsschalter etwa im Mittel- oder Hochspannungsbereich realisieren lassen, so sind sie nicht auf solche Schalter beschränkt. Ebenso können Aspekte der Erfindung sich auf z.B. einen Schutzgas-Leistungsschalter beziehen, in dem der Schaltraum mit einem Schutzgas wie z.B. SF₆ gefüllt ist.

[0018] Eine Schwierigkeit bei Schaltern und insbesondere bei Leistungsschaltern ist die Abnutzung der Kontaktstücke (z.B. Kontaktstücke 10, 20 in Fig. 4) durch den Lichtbogen (33 in Fig. 4). Die durch die Abnutzung bzw. den damit einhergehenden Verschleiß des Schalters hervorgerufenen Probleme sind bereits weiter oben beschrieben. Aus den oben genannten Gründen ist es wünschenswert, den Verschleiß möglichst genau zu bestimmen.

[0019] Ein hier zu Illustrationszwecken erwähntes Verfahren sieht zu diesem Zweck ein Strom-Integral etwa der folgenden Form vor, um den Verschleiß zu bestimmen:

$$d = k * \int I(t)^\alpha dt \quad (1)$$

Hier ist der Verschleiß durch eine Dicke d angegeben (in mm), um die während eines Schaltvorgangs Material von der Kontaktoberfläche des Kontaktstücks aufgrund des Lichtbogens abgetragen wird. Hierbei stellt I(t) den während einer Schalthandlung durch den Schalter fließenden Kontaktstrom als Funktion der Zeit t dar, d.h. den Strom, der zur Zeit t durch den Lichtbogen 33 fließt, siehe Fig. 4. k und α sind Konstanten, die z.B. durch ein Modell oder empirisch ermittelt werden können. Das Zeitintegral in (1) bezieht sich auf die gesamte Schaltzeit, während der ein Lichtbogen vorhanden ist. Hierin soll ein Integral wie in Gl. (1) auch eine Summe für diskrete Stromwerte ausdrücken, die ein solches Integral geeignet annähert.

[0020] Die Rechenvorschrift (1) liefert jedoch insbesondere für mittlere oder hohe Schaltströme ungenaue Ergebnisse. Wenn die Parameter k und α für niedrige Schaltströme kalibriert werden, so wird der Verschleiß für hohe Schaltströme und lange Lichtbogendauern (Phasenlänge 0.75 π und mehr) mit der Vorschrift (1) tendenziell überschätzt, und der Verschleiß für mittlere oder hohe Schaltströme und kurze Lichtbogendauern (Phasenlänge 0.25 π und weniger) wird tendenziell unterschätzt. Daher stellt sich die Frage nach einer realistischeren bzw. genaueren Vorschrift, um den Verschleiß d auch für einen breiten Bereich von Schaltströmen und Lichtbogendauern zu ermitteln. Zu diesem Zweck könnte man veranlasst sein, den Integranden in (1) durch einen komplexeren Ausdruck (mit mehr empirisch anzupas-

senden Parametern) zu ersetzen. Die mit einem solchen Ansatz erreichbare Genauigkeit ist aber ebenfalls begrenzt und kann die Erhöhung der Anzahl der anzupassenden Parameter nicht rechtfertigen.

[0021] Erfindungsgemäß werden diese Schwierigkeiten durch das folgende Verfahren zum Bestimmen der Abnutzung des Kontaktelements zumindest gelindert: Zunächst werden die Stromwerte $I(t)$, die den während einer Schalthandlung durch den Schalter fließenden Kontaktstrom darstellen, als Funktion der Zeit t erfasst. Die Stromwerte $I(t)$ können als kontinuierliche Funktion oder als eine Datenreihe (Vektor) mit diskret abgetasteten Werten erfasst werden. Die abgetasteten Stromwerte können nicht nur gemessene Werte, sondern auch virtuelle Werte, z.B. auf Basis der Messwerte und / oder eines geeigneten Modells simulierte, interpolierte oder gefittete Werte umfassen. Beispielsweise kann der Strom als sinusförmig angenommen werden, und die Amplitude und Phase und, falls nötig, Frequenz des Signals kann anhand gemessener Werte angepasst werden, so dass sich eine gute Übereinstimmung des sinusförmigen Stroms mit den gemessenen Werten ergibt.

[0022] Sodann wird der Abnutzungswert d aus einer Mehrzahl von N Abnutzungsbeitragswerten d_i berechnet, $i=1..N$ (etwa als Summe dieser Abnutzungsbeitragswerte). Die Abnutzungsbeitragswerte d_i werden wiederum unter Verwendung einer Mehrzahl von Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften f_i aus einer Mehrzahl von Stromwerte-Teilmengen der erfassten Stromwerte $I(t)$ berechnet, so dass jeder der Abnutzungsbeitragswerte nach einer jeweiligen der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften f_i aus einer jeweiligen der Stromwerte-Teilmengen berechnet wird (eine Stromwerte-Teilmenge kann auch alle erfassten Stromwerte umfassen, kann also eine echte oder eine unechte Teilmenge sein). Dabei unterscheiden sich zumindest zwei der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften voneinander (als Funktionale bzw. Abbildungen).

[0023] Ein Aspekt der Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass während eines Schaltvorgangs verschiedene Lichtbogen-Phasen auftreten. Diese Lichtbogen-Phasen folgen in etwa zeitlich aufeinander. Diese verschiedenen Lichtbogen-Phasen führen zu jeweils unterschiedlicher Abnutzung der Kontaktstücke, d.h. die Abnutzung hängt, je nach Lichtbogen-Phase, auf unterschiedliche Weise vom Strom ab: Während etwa ein diffuser Lichtbogen zu einer eher gleichmäßigen und geringen Abnutzung verschiedener Teile des Kontaktstücks führt, führt ein stationärer zusammengeschnürter Lichtbogen zu einer intensiven Abnutzung eines begrenzten Teils des Kontaktstücks, und ist damit für die Abnutzung insgesamt relevanter.

[0024] Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es vorteilhafterweise, den Beitrag verschiedener Lichtbogen-Phasen zur Abnutzung des Kontaktelements als jeweils eigenen Abnutzungsbeitragswert zu berechnen. Jeder der Abnutzungsbeitragswerte kann mittels einer für die jeweilige Lichtbogenphase spezifischen Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift berechnet werden. Hierzu ist es vorteilhaft, die Stromwerte-Teilmengen und / oder die Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften so zu wählen, dass ein bestimmter erfasster Stromwert je nachdem, in welcher Lichtbogen-Phase er auftritt, zu einem jeweils unterschiedlichen Abnutzungsbeitrag führt.

[0025] Hierzu sind zunächst die jeweiligen Stromwerte-Teilmengen zu bestimmen. Als Stromwerte-Teilmengen können diejenigen Stromwerte bestimmt werden, die zu einer jeweiligen Lichtbogen-Phase gehören. Hierfür können die Zeitintervalle für die jeweiligen Lichtbogen-Phasen ermittelt (z.B. für die i -te Lichtbogenphase das Zeitintervall $[t_i; t'_i]$ von t_i bis t'_i), und die Stromwerte-Teilmengen als die zu dem jeweiligen Zeitintervall $[t_i; t'_i]$ zugehörigen Stromwerte Stromwerte-Teilmengen $I([t_i; t'_i])$ gewählt werden. Zu diesem Zweck werden die Grenz-Zeitpunkte t_i , t'_i für die jeweilige Lichtbogenphase geeignet ermittelt (siehe weiter unten), und die Stromwerte-Teilmengen werden unter Berücksichtigung dieser Zeitpunkte definiert.

[0026] Die zeitliche Abgrenzung zwischen den einzelnen Lichtbogen-Phasen kann etwas unscharf sein, mit Übergangszeiträumen dazwischen. Dennoch kann man zumindest näherungsweise einen Grenz-Zeitpunkt für die Grenze (Beginn oder Ende) einer Phase bestimmen, also t_i für den Beginn oder t'_i für das Ende der i -ten Lichtbogenphase. Allgemein kann ein solcher Grenz-Zeitpunkt entweder ein Beginn-Zeitpunkt für den Beginn des Lichtbogens (bzw. der ersten Lichtbogen-Phase), oder ein Übergangs-Zeitpunkt für den Übergang von einer Phase zu einer jeweils nächsten Phase, oder ein End-Zeitpunkt für das Ende des Lichtbogens (bzw. der letzten Lichtbogen-Phase) sein. Der Übergangs-Zeitpunkt bezieht sich demnach nicht auf den Beginn oder das Ende des Lichtbogens als solchem, da hier keine verschiedenen Lichtbogen-Phasen ineinander übergehen.

[0027] Bei TMF-Schaltern kann die Art und Bewegung des Lichtbogens durch Beobachtungen an besonders geformten Kontaktstücken erfasst werden. Dabei konnten in einem beispielhaften TMF-Schalter die folgenden verschiedenen Lichtbogen-Phasen voneinander unterschieden werden:

Phase mit diffusem Lichtbogen: Der Lichtbogen ist räumlich über eine weite Fläche auf dem Kontaktstück verteilt;
Phase mit zusammengeschnürtem stationärem Lichtbogen: Der Lichtbogen ist auf einen schmalen Bereich verengt, von dem aus er sich senkrecht zur Kontaktoberfläche erstreckt, und ist stationär, d.h. bewegt sich kaum entlang der Kontaktoberfläche;

Phase mit zusammengeschnürtem bewegtem Lichtbogen: Der Lichtbogen ist weiterhin auf einen schmalen Bereich verengt, aber bewegt sich mit hoher Geschwindigkeit (d.h. mit deutlich höherer Geschwindigkeit als in der Phase zuvor) entlang Kontaktoberfläche.

Nach Abschluss der letzten Phase erlischt der Lichtbogen (evtl. mit einer weiteren Phase mit einem diffusen Lichtbogen vor dem vollständigen Erlöschen). Je nach Gestaltung des Schalters und der Kontaktstücke können sich die Phasen von den obengenannten Phasen unterscheiden, und es kann weitere Phasen oder weniger Phasen oder Phasen anderer Art als die oben beschriebenen Phasen geben.

[0028] In dem obigen Beispiel kann somit als Grenz-Zeitpunkt ein Beginn-Zeitpunkt t_0 (oder, genauer, t_{open}) für den Beginn des diffusen Lichtbogens, ein Übergangs-Zeitpunkt $t'_0 = t_1$ für den Übergang von dem diffusen Lichtbogen zu dem zusammengeschnürten stationären Lichtbogen, ein weiterer Übergangs-Zeitpunkt $t'_1 = t_2$ für den Übergang von dem zusammengeschnürten stationären Lichtbogen zu dem wandernden Lichtbogen, und ein End-Zeitpunkt $t'_2 = t_3$ für das Ende des wandernden Lichtbogens bestimmt werden. Wenn diese Übergangs-Zeiträume geeignet ermittelt werden, so können die Stromwerte-Teilmengen als erste, zweite und dritte Stromwerte-Teilmenge $I([t_0; t'_0])$, $I([t_1; t'_1])$, $I([t_2; t'_2])$ bestimmt werden.

[0029] Nun soll mit Bezug auf Fig. 1a und 1b beschrieben werden, wie die Grenz-Zeitpunkte, die die Lichtbogen-Phasen begrenzen, im Einzelnen ermittelt werden können.

[0030] Fig. 1a und 1b zeigt Diagramme mit dem während einer Schalthandlung auftretenden Strom I (Fig. 1a, vertikale Achse) bzw. der Lichtbogenspannung U (Fig. 1b, vertikale Achse) als Funktion der Zeit t (horizontale Achse). In den schematischen Zeichnungen der Fig. 1a und 1b ist die Zeitachse nicht maßstabsgerecht, deswegen liegen die Zeiten t_0 bis t_3 in Fig. 1a und 1b an etwas unterschiedlichen Positionen. Der Strom hat einen generell einen in etwa sinusförmigen Verlauf, mit einer auf eine Grundfrequenz aufmodulierten Hüllkurve. In Fig. 1a und 1b ist nur ein Teil einer sinusförmigen Schwingungsperiode dargestellt, mit einem Nulldurchgang vor der Zeit t_0 .

[0031] Der in Fig. 1b dargestellte Strom stellt einen Überstrom dar. Aufgrund dieses Überstroms gibt die Schaltersteuerung ein Schaltsignal aus, das die Trennung der Kontaktstücke des Schalters veranlasst. Kurze Zeit darauf gibt die Schaltersteuerung ein Schaltsignal aus, das die Trennung der Kontaktstücke des Schalters veranlasst. Die Kontaktstücke werden sodann auseinanderbewegt und trennen sich ungefähr zum Zeitpunkt t_0 . Diese Trennung ist dadurch erkennbar, dass in Fig. 1b die Spannung plötzlich ansteigt, und ein Lichtbogen auftritt. Ungefähr gleichzeitig beginnt der Lichtbogen als ein diffuser Lichtbogen. Als Beginn für den diffusen Lichtbogen (1. Lichtbogen-Phase), der den Zeitpunkt t_0 definiert, kann die Trennung der Kontaktstücke oder der in Fig. 1b erkennbare Anstieg der Spannung herangezogen werden. In manchen Ausführungsformen kann die geringe Kontaktabnutzung während der diffusen Lichtbogenphase vernachlässigt werden.

[0032] Zur Zeit $t_1 = t'_0$ geht der diffuse Lichtbogen in einen zusammengeschnürten stationären Lichtbogen über. Dieser Übergang kann z.B. dadurch erfasst werden, dass der Strom einen vorgegebenen Strom-Schwellwert I_{constr} überschreitet. Die genaue Wahl des Schwellwertes I_{constr} hängt von der Geometrie der Kontaktstücke und von weiteren Details ab, und kann z.B. durch Messungen kalibriert werden. Durch verschiedene Beobachtungen wurde festgestellt, dass I_{constr} generell mehr als 10 kA, also z.B. 15 kA betragen kann. Alternativ kann der Übergang in den zusammengeschnürten stationären Lichtbogen auch auf andere Weise definiert werden. Weitere mögliche Alternativen zur Bestimmung sind weiter unten beschrieben.

[0033] Zur Zeit $t_2 = t'_1$ geht der stationäre Lichtbogen in einen bewegten Lichtbogen über, unter dem Einfluss des von dem fließenden Strom generierten transversalen Magnetfelds. Die Bewegung des Lichtbogens führt zu einem erhöhten Rauschanteil der gemessenen Spannung und des gemessenen Stroms. Daher kann der Übergang zu dem bewegten Lichtbogen dadurch erfasst werden, dass der Rauschanteil der Spannung (Verhältnis der Varianz in einem vorgegebenen Frequenzbereich zu einem gemittelten Wert der Spannung) einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Die genaue Wahl des Frequenzbereichs und des Schwellwertes hängt von der Geometrie der Kontaktstücke und von weiteren Details ab, z.B. ist die Auswertung des Rauschsignals besonders aussagekräftig beim Spiral-TMF-Typ. Der Schwellwert usw. kann z.B. durch Messungen kalibriert werden. Alternativ kann der Übergang in den zusammengeschnürten stationären Lichtbogen auch auf andere Weise definiert werden, wie weiter unten beschrieben.

[0034] Zur Zeit $t_3 = t'_2$ erlischt der Lichtbogen, und somit endet auch die Lichtbogen-Phase. Dieser Zeitpunkt ist z.B. dadurch erkennbar, dass der Strom deutlich absinkt. Allgemeiner kann der Zeitpunkt t_3 durch ein Sinken des Stroms und / oder der Spannung unter einen vorgegebenen Grenzwert definiert werden.

[0035] Zur Ermittlung der oben genannten Grenz-Zeitpunkte, die die einzelnen Lichtbogen-Phasen begrenzen, können auch weitere Ereignisse herangezogen werden, die mit dem Beginn oder dem Ende einer Lichtbogen-Phase auf irgendeine Weise korreliert sind. Ein solches Ereignis kann beispielsweise sein:

a. Beginn eines Lichtbogens (etwa durch Messung der Helligkeit im Lichtbogenbereich, des Kontaktstroms, der Kontaktspannung, oder einer ähnlichen Größe ermittelbar);

b. Übergang von einem stationären Lichtbogen-Zustand zu einem wandernden Lichtbogen-Zustand (etwa durch Messung der Varianz bzw. des Rauschanteils der oben genannten Größen ermittelbar);

c. Übergang von einem diffusen Lichtbogen zu einem zusammengeschnürten Lichtbogen (etwa durch Messung der räumlichen Helligkeitsverteilung im Lichtbogenbereich ermittelbar);

d. Ende eines Lichtbogens (etwa durch Messung der Helligkeit im Lichtbogenbereich, des Kontaktstroms, der Kontaktspannung, oder einer ähnlichen Größe ermittelbar);

e. Trennen eines Kontaktelements von einem weiteren Kontaktelement des Schalters (etwa durch mechanische Messung oder durch Auswertung eines von einer Kontaktsteuerung gesendeten Schaltsignals ermittelbar; es kann sich um das zu untersuchende Kontaktelement oder aber auch um ein weiteres Kontaktelement handeln);

f. Entfernen des Kontaktelements von einem weiteren Kontaktelement des Schalters um einen Abstand, der einen vorgegebenen Abstands-Schwellwert überschreitet (etwa durch mechanische Messung ermittelbar);

g. Erteilen oder Auswerten eines Schaltbefehls (etwa von einer Schaltersteuerung);

h. Über- oder Unterschreiten einen vorbestimmten Schwellwert durch einen erfassten Wert, wobei der erfasste Wert insbesondere aus einer Liste umfassend die folgenden Mess-Werte ausgewählt ist:

- Stromwert und / oder Spannungswert und / oder Wert eines elektrischen oder magnetischen Felds (etwa durch Messwandler ermittelbar);
- Frequenzkomponente eines Stromwerts und / oder eines Spannungswerts;
- Helligkeitswert eines Lichtbogens;
- Lagewert, der eine Lage der Kontaktfläche und/oder einen Abstand zweier Kontaktflächen voneinander beschreibt;
- bisheriger Abnutzungswert des Kontaktstücks, etwa bei einem vorherigen Schaltvorgang;
- bisheriger Abnutzungsgesamtwert des Kontaktstücks, d.h. die Summe der Abnutzungswerte aller vorherigen Schaltvorgänge;
- Abgelaufene Zeitspanne seit Eintritt irgendeines weiteren Ereignisses, insbesondere eines der in dieser Aufzählung genannten Ereignisse; und / oder
- Gegebenenfalls abgelaufene Zeitspanne ab einem früheren Grenz-Zeitpunkt.

[0036] Der Grenz-Zeitpunkt kann insbesondere als der Zeitpunkt eines entsprechenden Ereignisses gewählt sein. Der Grenz-Zeitpunkt kann auch unter Berücksichtigung mehrerer der genannten Ereignisse errechnet werden, etwa durch logische oder gewichtete Verknüpfung mehrerer Ereignisse oder durch Mittelwertbildung mehrerer entsprechender Zeiten. Der Grenz-Zeitpunkt ist insbesondere ein Übergangs-Zeitpunkt, der einen Übergang von einem stationären Lichtbogen-Zustand zu einem wandernden Lichtbogen-Zustand darstellt.

[0037] Der zumindest eine Grenz-Zeitpunkt kann auch unter Berücksichtigung zumindest eines der folgenden Mess-Werte ermittelt werden:

- Stromwert;
- Spannungswert;
- Wert eines elektrischen oder magnetischen Felds
- Rauschanteil bzw. Frequenzkomponente eines Stromwerts;
- Rauschanteil bzw. Frequenzkomponente eines Spannungswerts;
- Rauschanteil bzw. Frequenzkomponente eines elektrischen oder magnetischen Felds;

- Helligkeitswert eines Lichtbogens;
- Lagewert, der eine Lage der Kontaktfläche und/oder einen Abstand zweier Kontaktflächen voneinander beschreibt (wobei insbesondere eins der Kontaktelemente das zu untersuchende Kontaktelement ist; es kann sich aber auch um ein weiteres Kontaktelement handeln);
- bisheriger Abnutzungswert;
- bisheriger Abnutzungsgesamtwert;
- Abgelaufene Zeitspanne seit Eintritt irgendeines Ereignisses, insbesondere eines der oben genannten Ereignisse.
- Gegebenenfalls abgelaufene Zeitspanne ab einem früheren Grenz-Zeitpunkt.

[0038] Je nach Verfügbarkeit von Messwerten und Ereignissen können Elemente aus der obigen Liste ausgewählt werden und die Ermittlungsvorschriften für eine jeweilige Lichtbogenphase geeignet kalibriert werden. Auch können mehrere Ermittlungsvorschriften angewendet werden und ihre Ergebnisse kombiniert werden, z.B. durch Mitteln oder Bilden eines gewichteten Mittelwerts.

[0039] In einer beispielhaften Ausführungsform können die jeweiligen Zeitintervalle für die Stromwerte-Teilmengen beispielsweise auf folgende Weise ermittelt werden:

Nr.	Lichtbogen-Phase	Kriterium zum Ermitteln des Beginns der Phase
0	Diffuser Lichtbogen	Separation der Kontaktstücke (z.B. mittels Auswertung eines Schaltbefehls oder mittels mechanischer Sensoren ermittelt)
1	Zusammengeschnürter stationärer Lichtbogen	Kontaktstrom überschreitet einen Schwellwert I_{constr} , z.B. 10 kA
2	Zusammengeschnürter rotierender Lichtbogen	Rauschanteil des Stroms oder der Spannung überschreitet einen Schwellwert

[0040] Das Ende des zusammengeschnürten rotierenden Lichtbogens (Phase 2) kann z.B. dadurch ermittelt werden, dass der Strom einen vorgegebenen Schwellwert wieder unterschreitet.

[0041] Die Nummern in der linken Spalte beziehen sich auf die in Fig. 1a und 2 dargestellten Zeitabschnitte. In Fig. 1a und 2 sind die mögliche zugehörige Strom- und Spannungswerte schematisch gezeigt, auf deren Basis die in der Tabelle beschriebene Einteilung zumindest erfolgen könnte.

[0042] Wie in Fig. 2 gezeigt ist, können die Stromwerte auf der Basis der ermittelten Grenz-Zeitpunkte in verschiedene Stromwerte-Teilmengen unterteilt werden. Eine erste Stromwerte-Teilmenge umfasst die Stromwerte $I([t_0; t_1])$ im Zeitintervall $[t_0; t_1]$ (Bezugszeichen 1). Eine zweite Stromwerte-Teilmenge umfasst die Stromwerte $I([t_1; t_2])$ im Zeitintervall $[t_1; t_2]$ (Bezugszeichen 2). Eine dritte Stromwerte-Teilmenge umfasst die Stromwerte $I([t_2; t_3])$ im Zeitintervall $[t_2; t_3]$ (Bezugszeichen 3). Für jede der Stromwerte-Teilmengen wird ein jeweiliger Abnutzungsbeitragswert d_1 , d_2 und d_3 unter Verwendung einer jeweiligen Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift berechnet. Die Abnutzungsbeitragswerte d_1 , d_2 und d_3 werden anschließend zum Abnutzungswert d zusammengeführt (z.B. addiert).

[0043] Allgemein wird zum Berechnen des Abnutzungswerts also mindestens ein Übergangs-Zeitpunkt ermittelt, der insbesondere einen jeweiligen Übergang zwischen verschiedenen Phasen eines während der Schalthandlung auftretenden Lichtbogens darstellt. Die Zeitintervalle sind insbesondere so definiert, dass der Übergangs-Zeitpunkt einen Übergang zwischen einem ersten der Zeitintervalle $[t_i; t'_i]$ und einem zweiten der Zeitintervalle $[t_j; t'_j]$ definiert, so dass $t'_i = t_j$ durch den Übergangs-Zeitpunkt gebildet wird. Insbesondere kann das Verfahren das Definieren eines Endes t'_i des ersten Zeitintervalls; $[t_i; t'_i]$ und eines Beginns t_j des zweiten Zeitintervalls $[t_j; t'_j]$ unter Berücksichtigung des ermittelten Übergangs-Zeitpunkts umfassen, z.B. so dass der Übergangs-Zeitpunkt zwischen dem ersten Zeitintervall und dem zweiten Zeitintervall liegt; insbesondere so dass der erste Zeitintervall früher als der oder gleich dem Übergangs-Zeitpunkt ist, und der zweite Zeitintervall später als der oder gleich dem Übergangs-Zeitpunkt ist. Mit anderen Worten liegt der erste Zeitintervall dann vor dem zweiten Zeitintervall, mit dem Übergangs-Zeitpunkt dazwischen. Sodann werden die Stromwerte-Teilmengen unter Berücksichtigung des zumindest einen ermittelten Übergangs-Zeitpunkts bestimmt.

[0044] Die Stromwerte-Teilmengen $I([t_i; t'_i])$ sind demnach als die zu einem jeweiligen Zeitintervall $[t_i; t'_i]$ zugehörigen Stromwerte bestimmt. Zumindest eines der Zeitintervalle $[t_i; t'_i]$ wird unter Berücksichtigung des zumindest einen ermit-

telten Grenz- bzw. Übergangs-Zeitpunkts definiert.

[0045] Im Folgenden werden mögliche Ausführungsformen für die einzelnen Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften (pro Stromwerte-Teilmenge bzw. pro Lichtbogen-Phase) beschrieben. In einer Ausführungsform wird zumindest eine, oder auch alle, der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften als ein jeweiliges Integral der Form (1) ausgewertet (bzw. als Summe, die ein solches Integral annähert), wobei das jeweilige ZeitIntegral bzw. die Summe nur auf das jeweilige Zeitintervall bzw. die jeweilige Stromwerte-Teilmenge beschränkt ist. Der jeweilige Parameter k und α in (1) kann dann jeweils separat pro Stromwerte-Teilmenge (bzw. pro Lichtbogen-Phase) gewählt werden, z.B. anhand eines Modells vorgegeben oder anhand von Messungen kalibriert werden.

[0046] Eine Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift f_i für die i -te Stromwerte-Teilmenge (hier als die zum Zeitintervall $[t_i; t'_i]$ zugehörige Stromwerte-Teilmenge dargestellt) kann dann formuliert werden als

$$f_i[I] = k_i * \int_{t_i}^{t'_i} I(t)^{\alpha_i} dt \quad (\text{als Integral}) \text{ bzw. als} \quad (2)$$

$$f_i[I] = K_i * \sum_{t \in [t_i; t'_i]} I(t)^{\alpha_i} \quad (\text{als Summe}) \quad (2'),$$

wobei k_i bzw. K_i , α_i den Parametern k und α in (1) entsprechen. In Gl. (2') ist der Parameter K in Großbuchstaben geschrieben, um die gegenüber dem Parameter k von Gl. (1) und (2) unterschiedliche physikalische Einheit anzudeuten: $[k] = \text{cm A}^{-\alpha_i} \text{ s}^{-1}$; $[K] = \text{cm A}^{-\alpha_i}$. Ansonsten sind die Parameter k und K äquivalent. In einer Ausführungsform kann die Form (2) oder (2') für zwei Stromwerte-Teilmengen (z.B. erste ($i=1$) und zweite ($i=2$) Stromwerte-Teilmenge) gewählt werden, mit $\alpha_1 \neq \alpha_2$ oder $K_1 \neq K_2$. Insbesondere ist in Ausführungsformen $0,5 \leq \alpha_1, \alpha_2 \leq 3$.

[0047] Es sind jedoch auch andere Berechnungsvorschriften als (2), (2') möglich. Im Allgemeinen beinhaltet die Berechnungsvorschrift das Bilden eines Beitrags der Form

$$f_i[I] = \int_{t_i}^{t'_i} \varphi_i(I(t)) dt \quad (3)$$

$$f_i[I] = \sum_{t \in [t_i; t'_i]} \varphi_i(I(t)) \quad (3')$$

zu zumindest zweien der Abnutzungsbeiträge (mit $i=1$ für einen ersten Abnutzungsbeitrag und $i=2$ für einen zweiten Abnutzungsbeitrag, so dass $\varphi_1 \neq \varphi_2$ wobei das Ungleichheitszeichen hier bedeutet: "nicht gleich als Funktionen"). Hier bezeichnet jeweils $I(t)$ einen Stromwert, der in der zu dem i -ten Abnutzungsbeitrag zugehörigen Stromwerte-Teilmenge umfasst ist. Die Gleichungen (2) und (2') sind Spezialfälle von (3) bzw. (3'), z.B. mit $\varphi_i(I(t)) = K_i * I(t)^{\alpha_i}$.

[0048] Der Abnutzungswert kann dann als Summe der einzelnen Abnutzungsbeiträge $d_i = f_i[I]$ berechnet werden, $i=0..(N-1)$, etwa in der Form $d = \sum d_i = \sum f_i[I]$, mit f_i als einer der hierin beschriebenen Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften.

[0049] In (2') für die Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift f_i wird nur innerhalb der Grenzen t_i bis t'_i summiert. Statt einer harten Grenze für diese Summen kann auch über einen größeren Zeitraum summiert werden, wobei die Beiträge mit einer zeitabhängigen Funktion $\gamma_i(t)$ gewichtet werden, die innerhalb eines Zeitintervalls $[t_i, t'_i]$ größer ist als außerhalb dieses Zeitintervalls. Eine entsprechend verallgemeinerte Gleichung (2') hat dann die folgende Gestalt:

$$f_i[I] = K_i * \sum_t \gamma_i(t) * I(t)^{\alpha_i} \quad (4)$$

[0050] Beispiele für Funktionen $\gamma_i(t)$ sind in Fig. 3 dargestellt. Fig. 3a zeigt Funktionen $\gamma_i(t)$ als Stufenfunktionen, die innerhalb eines Zeitintervalls zwischen t_i und $t'_i = t_{i+1}$ den Wert 1, und außerhalb dieses Zeitintervalls den Wert 0 haben. Mit diesen Funktionen $\gamma_i(t)$ aus Fig. 3a wird die Summe von Gl. (4) wieder in die speziellere Form der Gl. (2) überführt.

[0051] Eine alternative Funktion $\gamma_i(t)$ ist in Fig. 3b dargestellt. Hier ist $\gamma_i(t)$ innerhalb des Zeitintervalls zwischen t_i und $t'_i = t_{i+1}$ größer als außerhalb dieses Zeitintervalls, aber $\gamma_i(t)$ fällt kontinuierlich ab und hat auch außerhalb des Zeitintervalls einen endlichen Wert. Die Stromwerte-Teilmenen verschiedener Abnutzungsbeiträge, über die in Gl. (3) unter Verwendung von der in Fig. 3b skizzierten Funktionen $\gamma_i(t)$ summiert wird, überlappen sich dann. Insbesondere können die Stromwerte-Teilmenen hier sämtliche erfassten Stromwerte umfassen, und ihr Beitrag wird lediglich mittels einer geeigneten Funktion $\gamma_i(t)$ gewichtet.

[0052] Die Funktion $\gamma_i(t)$ kann wie folgt ausgedrückt werden: $\gamma_i(t) = \gamma((t - t_i) / (t'_i - t_i))$ mit γ als einer Funktion, die innerhalb des Intervalls $[0; 1]$ größere Werte hat als außerhalb dieses Intervalls. Die in Fig. 3a und Fig. 3b skizzierten Funktionen sind im Wesentlichen äquivalent und führen zu sehr ähnlichen Ergebnissen.

In einer Verallgemeinerung von Gl. (4) kann die Abnutzung ausgedrückt werden als Summe $d = \sum f_i[I]$ mit $f_i[I] = \sum \gamma_i(t) * \varphi_i(I(t))$, wobei im Beispiel von Gl. (3) $\varphi_i(I(t)) = K_i * I(t)^{\alpha_i}$ ist.

Die Funktion $\varphi_i(I(t))$ kann so interpretiert werden, dass sie für jeden Wert von $I(t)$ einen Anteil am Abbrand-Beitrag liefert.

[0053] Die obige Berechnungsvorschrift kann entsprechend auch für Integrale über zeitlich kontinuierlich erfasste Stromwerte angewendet werden. In diesem Fall kann gemäß der obigen Verallgemeinerung die Abnutzung ausgedrückt werden als Integral $d = \sum K_i \int \gamma_i(t) * \varphi_i(I(t)) dt$. Das Integral kann numerisch approximiert werden.

[0054] Im Folgenden sollen noch weitere mögliche Abwandlungen beschrieben werden. Gemäß einer Abwandlung können die Abnutzungsbeitragswerte für mehrere der Lichtbogen-Phasen mit ähnlicher Abnutzungs-Charakteristik mittels einer gemeinsamen Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift berechnet werden. Dennoch sollten nicht alle Lichtbogen-Phasen auf die gleiche Weise berechnet werden, d.h. zumindest zwei der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften unterscheiden sich voneinander.

[0055] Gemäß einer weiteren Abwandlung werden neben den Strömen I auch die Lichtbogen-Spannungen U erfasst und bei der Berechnung des Abnutzungswerts berücksichtigt. Gemäß einer Ausführungsform könnten die Spannungen z.B. mittels zusätzlicher Spannungssensoren erfasst werden. Eine entsprechende Abnutzungsfunktion könnte dann beispielsweise die folgende Form haben:

$$f_i[I, V] = K_i * \sum_{t \in [t_i, t_{i+1}]} I(t)^{\alpha_i} * U(t)^{\beta_i}$$

[0056] Allgemein kann ein beliebiger elektrischer Wert, der eine für die während einer Schalthandlung durch den Schalter fließende Leistung relevante Größe darstellt, zur Berechnung herangezogen werden, also z.B. der Strom I , die Lichtbogen-Spannung U , ein Produkt daraus (wie in der obigen Gleichung).

[0057] In einer weiteren Ausführungsform kann auch direkt die Leistung $P(t) = I(t) * U(t)$ als Funktion der Zeit anstatt von $I(t)$ in irgendeine der obengenannten Gleichungen, z.B. (2), (2'), (3), (3'), eingesetzt werden.

[0058] Gemäß einer weiteren Abwandlung können auch einzelne Lichtbogen-Phasen, die nur einen unerheblichen Beitrag zur Abnutzung liefern, weggelassen werden. Beispielsweise kann im Beispiel der Fig. 1 und 2 die diffuse Lichtbogen-Phase (Nullte Phase zwischen t_0 und t_1) aus diesem Grund weggelassen werden, so dass die Berechnung erst mit der Phase $i=1$ beginnt.

[0059] Im Folgenden wird eine Schaltersteuerung und eine Schaltanlage beschrieben, die zur Ausführung des hierin beschriebenen Verfahrens geeignet ist. Die Schaltersteuerung umfasst ein Stromwert-Eingangs-Modul zum Erhalten von Stromwerten (z.B. Erhalten von erfassten Stromwerten von z.B. einem Strom-Messgerät, aber auch von einer Einrichtung zum Simulieren, Interpolieren usw.), die einen während einer Schalthandlung durch den Schalter fließenden Kontaktstrom als Funktion der Zeit darstellen. Die Schaltersteuerung umfasst weiter ein Abnutzungs-Bestimmungs-Modul, das eine Recheneinheit und einen Datenspeicher mit durch die Recheneinheit ausführbarem Programmcode aufweist. Der Programmcode umfasst eine Mehrzahl von Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften f_i , die zum Berechnen jeweiliger Abnutzungsbeitragswerte aus jeweiligen Stromwerte-Teilmenen $I([t_i; t'_i])$ der erfassten Stromwerte vorgesehen sind, so dass jede der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften einen jeweiligen der Abnutzungsbeitragswerte aus einer jeweiligen der Stromwerte-Teilmenen berechnet wird. Zumindest zwei der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften f_i unterscheiden sich voneinander. Der Programmcode umfasst weiter eine Abnutzungswert-Berechnungs-Routine zum Berechnen eines die Abnutzung des Kontaktelements darstellenden Abnutzungswerts d aus den Abnutzungsbeitragswerten (z.B. als Summe derselben).

[0060] Der Programmcode umfasst insbesondere Instruktionen zum Ausführen irgendeines hierin beschriebenen Verfahrens. Insbesondere sind die Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften f_i zum Berechnen einer entsprechen-

den Mehrzahl von Abnutzungsbeitragswerten aus einer entsprechenden Mehrzahl von Stromwerte-Teilmenge $I([t_i; t'_i])$ der erfassten Stromwerte vorgesehen, so dass jede der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften f_i einen jeweiligen der Abnutzungsbeitragswerte aus einer jeweiligen der Stromwerte-Teilmenge $I([t_i; t'_i])$ berechnet wird.

[0061] Die Schaltanlage ist für Hoch- oder Mittelspannung ausgelegt, und ist insbesondere ein Leistungsschalter, z. B. ein Vakuum-Leistungsschalter (aber auch ein gasisolierter Leistungsschalter ist möglich). Die Schaltanlage umfasst die oben beschriebene Schaltersteuerung. Der Kontaktstrom ist insbesondere ein Lichtbogen-Strom. Die Schaltanlage hat insbesondere als Kontaktelement ein Kontaktstück vom TMF-Typ, da es hier besonders deutliche Lichtbogen-Phasen gibt. Ein Kontaktstück vom TMF-Typ ist dadurch gekennzeichnet, dass seine Gestaltung bei dem Schaltvorgang bzw. bei einem Lichtbogen ein überwiegend transversales magnetisches Feld begünstigt. Das transversale magnetische Feld begünstigt die Bewegung des Lichtbogens und führt damit zu ausgeprägten Lichtbogen-Phasen. Das Kontaktstück kann insbesondere vom Spiral-TMF-Typ sein (wie in Fig. 4 dargestellt). Das Kontaktelement kann somit eine ebene Kontaktfläche mit rundem Querschnitt enthalten, z.B. mit spiralförmiger Spalte. Alternativ kann das Kontaktstück auch schüsselförmig, gestaltet sein (vom schüsselförmigen, cup-shaped, Typ). Allgemein kann der Schalter zwei in Längsrichtung gegeneinander bewegliche Kontaktstücke enthalten.

[0062] Die Schaltanlage kann mehrere Kontaktelemente (z.B. 3 Kontaktelemente für 3 Phasen) enthalten. In diesem Fall kann die Abnutzung für jedes der Kontaktelemente wie hierin beschrieben separat erfolgen.

[0063] Die Schaltanlage kann weiter ein Diagnose-System umfassen, das mit der Schaltersteuerung verbunden ist, um die berechneten Abnutzungswerte zu empfangen. Das Diagnose-System kann etwa folgende Funktionen beinhalten (pro Phase separat):

- Addieren des Abnutzungswerts zu einem Abnutzungsgesamtwert, der die Gesamt-Abnutzung des Kontaktstücks als Summe für mehrere Schaltvorgänge darstellt;
- Auslösen eines Alarms, einer Warnung oder eines Blockierbefehls, wenn der Abnutzungswert bzw. Abnutzungsgesamtwert einen vorgegebenen Alarm-Schwellwert bzw. Warn-Schwellwert bzw. Blockier-Schwellwert überschreitet;
- Berechnen einer prozentualen Abnutzung als Anteil der gegenwärtigen Abnutzung (Abnutzungswerts zu einem Abnutzungsgesamtwert) von einer zulässigen Maximalabnutzung;
- Berechnen einer voraussichtlich verbleibenden Betriebsdauer des Schalters basierend auf dem Abnutzungswert bzw. Abnutzungsgesamtwert;
- Weiterleiten des ermittelten Abnutzungswerts oder einer daraus abgeleiteten Größe (z.B. Abnutzungsgesamtwert) an einen Online-Diagnose-Server.

[0064] Im Folgenden sollen noch weitere allgemeine Aspekte der Erfindung genannt werden. Gemäß einem Aspekt umfasst ein Verfahren zum Bestimmen einer Abnutzung eines Kontaktelements das Berechnen eines die Abnutzung des Kontaktelements darstellenden Abnutzungswerts (d) aus den erfassten Stromwerten ($I(t)$), wobei ein erster Abnutzungsbeitragswert nach einer ersten Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift (f_i) aus dem zumindest einen Stromwert ($I(t_i)$; $I([t_i; t'_i])$) für den ersten Zeitintervall (t_i ; $[t_i; t'_i]$) berechnet wird, und ein zweiter Abnutzungsbeitragswert nach einer zweiten Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift (f_j) aus dem zumindest einen Stromwert ($I(t_j)$; $I([t_j; t'_j])$) für den zweiten Zeitintervall (t_j ; $[t_j; t'_j]$) berechnet wird, wobei sich die erste Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift (f_i) von der zweiten Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift (f_j) unterscheidet.

[0065] Allgemein braucht die Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift nicht einheitlich innerhalb der jeweiligen Stromwerte zu sein. Das Erfassen kann eine Messung, insbesondere eine Abtast-Messung in diskreten Abtast-Zeitintervallen, aber auch eine (teilweise) Simulation umfassen. Die Simulation kann auf einem Modell basieren, z.B. Annahme, dass Stromwerte auf einer Sinus-Kurve liegen, oder eine Interpolation zwischen Messwerten beinhalten. Auf diese Weise können die Stromwerten als kontinuierliche Funktion der Zeit oder als Vektor diskreter erfasster Werte zur Verfügung stehen.

[0066] Die Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift ist nicht identisch Null (als Funktional). Eine Berechnungsvorschrift, die als Funktional identisch Null wäre, würde unabhängig von den elektrischen Werten der Werte-Teilmenge überhaupt keinen Abnutzungsbeitrag (d.h. immer Null) ergeben. Eine solche Berechnungsvorschrift wird nicht als Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift angesehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen einer Abnutzung eines Kontaktelements eines elektrischen Schalters, insbesondere eines Vakuumschalters, und insbesondere eines Schalters einer Schaltanlage für Hoch- oder Mittelspannung, das Verfahren umfassend:

- Erfassen von elektrischen Werten ($I(t)$, $U(t)$), die eine für einen während einer Schalthandlung an dem Schalter auftretenden Lichtbogen relevante elektrische Größe als Funktion der Zeit darstellen; und
 - Berechnen eines die Abnutzung des Kontaktelements darstellenden Abnutzungswerts (d) aus einer Mehrzahl von Abnutzungsbeitragswerten, wobei die Abnutzungsbeitragswerte unter Verwendung einer Mehrzahl von Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften (f_i) aus einer Mehrzahl von Werte-Teilmengen ($I(t_i)$; $I([t_i; t'_i])$) der erfassten elektrischen Werte berechnet werden, so dass jeder der Abnutzungsbeitragswerte nach einer jeweiligen der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften (f_i) aus einer jeweiligen der Werte-Teilmengen ($I(t_i)$, $I([t_i; t'_i])$) berechnet wird, und wobei sich zumindest zwei der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften (f_i) voneinander unterscheiden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Berechnen umfasst: Ermitteln eines für einen Wechsel der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschrift charakteristischen Übergangs-Zeitpunkts (t_i , t'_i), wobei der zumindest eine Übergangszeitpunkt insbesondere einen jeweiligen Übergang zwischen verschiedenen Phasen eines während der Schalthandlung auftretenden Lichtbogens darstellt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Berechnen umfasst: Definieren zumindest einer der Werte-Teilmengen ($I(t_i)$; $I([t_i; t'_i])$) unter Berücksichtigung des zumindest einen ermittelten Übergangs-Zeitpunkts (t_i , t'_i).

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Berechnen umfasst: Ermitteln zumindest eines Grenz-Zeitpunkts (t_i , t'_i), wobei der zumindest eine Grenz-Zeitpunkt insbesondere der zumindest eine Übergangs-Zeitpunkt ist, und wobei der zumindest eine Grenz-Zeitpunkt unter Berücksichtigung zumindest eines jeweiligen Ereignisses, das ausgewählt ist aus der Liste umfassend die folgenden Ereignisse, ermittelt wird:

a. Beginn eines Lichtbogens;
 b. Übergang von einem stationären Lichtbogen-Zustand zu einem wandernden Lichtbogen-Zustand;
 c. Übergang von einem diffusen Lichtbogen zu einem zusammengeschnürten Lichtbogen;
 d. Ende eines Lichtbogens;
 e. Trennen eines Kontaktelements von einem weiteren Kontaktelement des Schalters;
 f. Entfernen des Kontaktelements von einem weiteren Kontaktelement des Schalters um einen Abstand, der einen vorgegebenen Abstands-Schwellwert überschreitet;
 g. Erteilen oder Auswerten eines Schaltbefehls;
 h. Über- oder Unterschreiten einen vorbestimmten Schwellwert durch einen erfassten Wert, wobei der erfasste Wert insbesondere aus einer Liste umfassend die folgenden Werte ausgewählt ist:

- Stromwert;
 - Spannungswert;
 - Wert eines elektrischen oder magnetischen Felds
 - Rauschanteil bzw. Frequenzkomponente eines Stromwerts;
 - Rauschanteil bzw. Frequenzkomponente eines Spannungswerts;
 - Rauschanteil bzw. Frequenzkomponente eines elektrischen oder magnetischen Felds;
 - Helligkeitswert eines Lichtbogens;
 - Lagewert, der eine Lage der Kontaktfläche und/oder einen Abstand zweier Kontaktflächen voneinander beschreibt;
 - bisheriger Abnutzungswert bzw. bisheriger Abnutzungsgesamtwert;
 - Abgelaufene Zeitspanne seit Eintritt irgendeines weiteren Ereignisses, insbesondere eines der in dieser Aufzählung genannten Ereignisse.
 - Gegebenenfalls abgelaufene Zeitspanne ab einem früheren Grenz-Zeitpunkt.

5. Verfahren nach irgendeinem der vorherigen Ansprüche, wobei das Berechnen umfasst: Ermitteln zumindest eines Grenz-Zeitpunkts (t_i , t'_i), wobei der zumindest eine Grenz-Zeitpunkt insbesondere der zumindest eine Übergangs-Zeitpunkt ist, und wobei der zumindest eine Grenz-Zeitpunkt unter Berücksichtigung zumindest eines jeweiligen Werts, der ausgewählt ist aus der Liste umfassend die folgenden Werte, ermittelt wird:

- Stromwert;
- Spannungswert;
- Wert eines elektrischen oder magnetischen Felds
- Rauschanteil bzw. Frequenzkomponente eines Stromwerts;
- Rauschanteil bzw. Frequenzkomponente eines Spannungswerts;
- Rauschanteil bzw. Frequenzkomponente eines elektrischen oder magnetischen Felds;
- Helligkeitswert eines Lichtbogens;
- Lagewert, der eine Lage der Kontaktfläche und/oder einen Abstand zweier Kontaktflächen voneinander beschreibt;
- bisheriger Abnutzungswert;
- bisheriger Abnutzungsgesamtwert;
- Abgelaufene Zeitspanne seit Eintritt irgendeines Ereignisses, insbesondere eines der in Anspruch 5 genannten Ereignisse.
- Gegebenenfalls abgelaufene Zeitspanne ab einem früheren Grenz-Zeitpunkt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Werte-Teilmenge ($I([t_i; t'_j])$) die zu einem jeweiligen Zeitintervall ($[t_i; t'_j]$) zugehörigen elektrischen Werte umfassen, das Verfahren für jedes der Zeitintervalle weiter umfassend: Festlegen des Beginns (t_i), des Endes (t'_j), oder des Beginns und des Endes des jeweiligen Zeitintervalls ($[t_i; t'_j]$) durch zumindest einen jeweiligen Grenz-Zeitpunkt (t_i, t'_j), wobei der zumindest eine Grenz-Zeitpunkt insbesondere der zumindest eine Übergangs-Zeitpunkt ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei der zumindest eine Übergangs-Zeitpunkt einen ersten Übergangs-Zeitpunkt (t_i) und einen zweiten Übergangs-Zeitpunkt (t_2) umfasst, und wobei die Mehrzahl von Werte-Teilmenge zumindest eine erste, zweite und dritte Werte-Teilmenge ($I([t_0; t_1])$; $I([t_1; t_2])$, $I([t_2; t_3])$) umfasst.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Werte-Teilmenge ($I(t_i)$; $I([t_i; t'_j])$) als die zu einem jeweiligen Zeitintervall ($[t_i; t'_j]$) zugehörigen elektrischen Werte bestimmt sind, und wobei das Berechnen des Abnutzungswerts das Bilden einer Summe bzw. eines Integrals der Abnutzungsbeitragswerte umfasst.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Berechnen umfasst: Bilden eines Beitrags der Form $K_i * I(t)^{\alpha_i}$ zu zumindest einem, insbesondere zu zumindest zweien der Abnutzungsbeiträge, wobei i einen jeweiligen des zumindest einen Abnutzungsbeitrags als i -ten Abnutzungsbeitrag indiziert, und wobei K_i jeweils einen i -ten Vorfaktor bezeichnet, $I(t)$ jeweils einen in der zu dem i -ten Abnutzungsbeitrag zugehörigen Werte-Teilmenge umfassten elektrischen Wert bezeichnet, und α_i jeweils einen beliebigen Exponenten bezeichnet.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Abnutzungswert (d) einen Ausdruck der Form

$$d = \sum_i f_i(I) \text{ mit } f_i(I) = \sum_t \gamma_i(t) * \varphi_i(I(t))$$

enthält, insbesondere in dieser Form berechnet wird bzw. darstellbar ist, wobei $f_i(I)$ eine i -te der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften,

$\sum$ eine Summe über Zeitwerte t mit erfassten elektrischen Werten $I(t)$,

$\gamma_i(t)$ ein jeweiliger [i -ter] t -abhängiger Gewichtungsfaktor, der für t [jeden t -Wert] innerhalb der jeweiligen [i -ten] Werte-Teilmenge betragsmäßig größere Werte liefert als für t [irgendeinen t -Wert] außerhalb der jeweiligen Werte-Teilmenge, und

$\varphi_i(I(t))$ eine jeweilige [i -te] Funktion von I bezeichnet, wobei insbesondere $\varphi_i(I(t)) = K_i * I(t)^{\alpha_i}$.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, weiter umfassend Addieren des berechneten Abnutzungswerts zu einem die gesamte Abnutzung gegebenenfalls für mehrere Schaltvorgänge darstellenden Abnutzungsgesamtwert.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die elektrischen Werte zumindest einen der Werte aus der folgenden Gruppe umfassen:

- Stromwerte ($I(t)$), die den während der Schalthandlung durch den Schalter fließenden Kontaktstrom als Funktion der Zeit darstellen;
- Spannungswerte ($U(t)$), die die während der Schalthandlung an dem Schalter vorhandene Lichtbogen-Spannung als Funktion der Zeit darstellen; und
- Lichtbogenleistungswerte ($P(t)$), die die an dem Schalter vorhandene Lichtbogen-Leistung als Funktion der Zeit darstellen.

13. Elektronische Einheit, insbesondere Steuerungs- und/oder Überwachungssystem, für einen elektrischen Schalter, insbesondere für eine Schaltanlage für Hoch- oder Mittelspannung, die Schaltersteuerung umfassend:

- ein Werte-Eingangs-Modul zum Erhalten von elektrischen Werten, die eine für die während einer Schalthandlung durch den Schalter fließende Leistung als Funktion der Zeit relevante Größe darstellen; und
- ein Abnutzungs-Bestimmungs-Modul, das eine Recheneinheit und einen Datenspeicher mit durch die Recheneinheit ausführbarem Programmcode aufweist, wobei der Programmcode umfasst:

eine Mehrzahl von Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften (f_i), die zum Berechnen jeweiliger Abnutzungsbeitragswerte aus jeweiligen Werte-Teilmengen ($I(t_i)$; $I([t_i; t'_i])$) der erfassten elektrischen Werte vorgesehen sind, wobei sich zumindest zwei der Abnutzungsbeitrags-Berechnungsvorschriften (f_i) voneinander unterscheiden, und

eine Abnutzungswert-Berechnungs-Routine zum Berechnen eines die Abnutzung des Kontaktelements darstellenden Abnutzungswerts (d) aus den Abnutzungsbeitragswerten.

14. Schaltanlage für Hoch- oder Mittelspannung, insbesondere Vakuum-Leistungsschalter, umfassend eine Schaltersteuerung gemäß Anspruch 13 und/oder ausgestattet zum Ausführen eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1-12.

15. Schaltanlage für Hoch- oder Mittelspannung gemäß Anspruch 14, wobei das Kontaktelement ein Kontaktstück vom TMF-Typ ist.

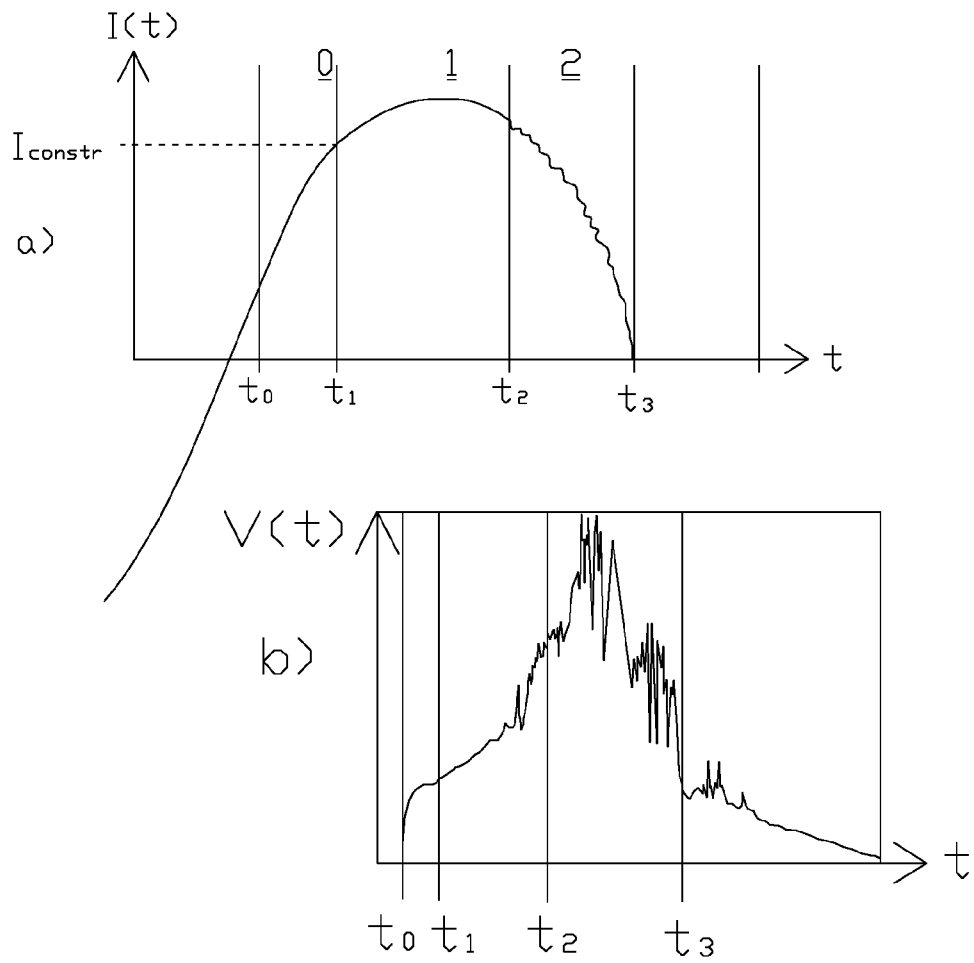
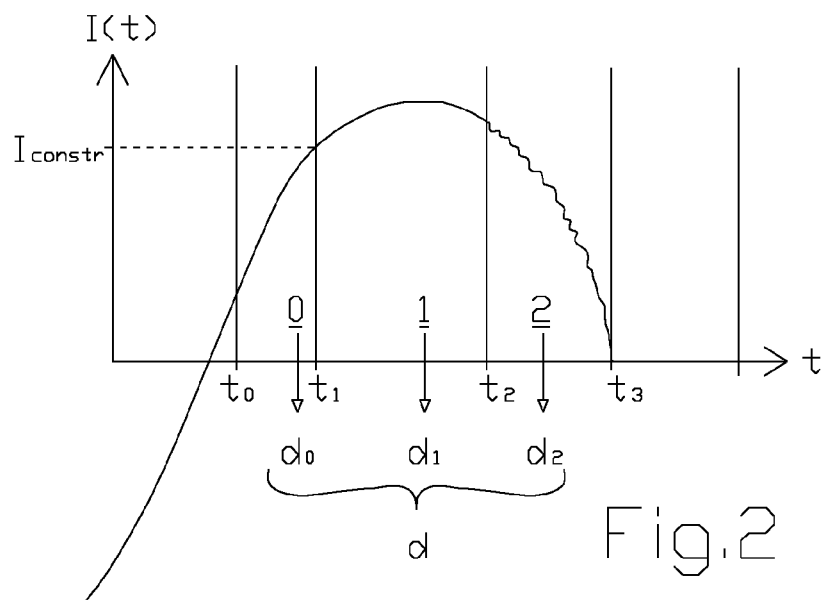


Fig.1



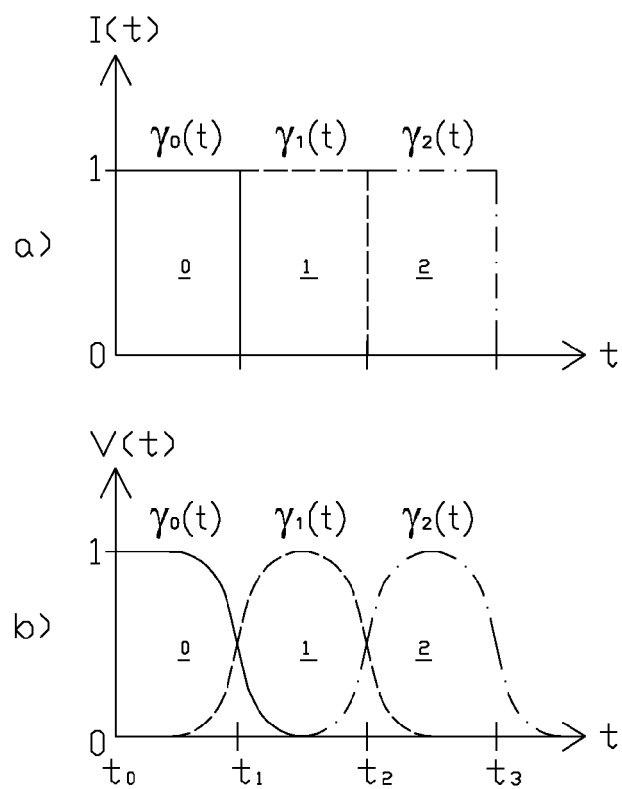


Fig.3

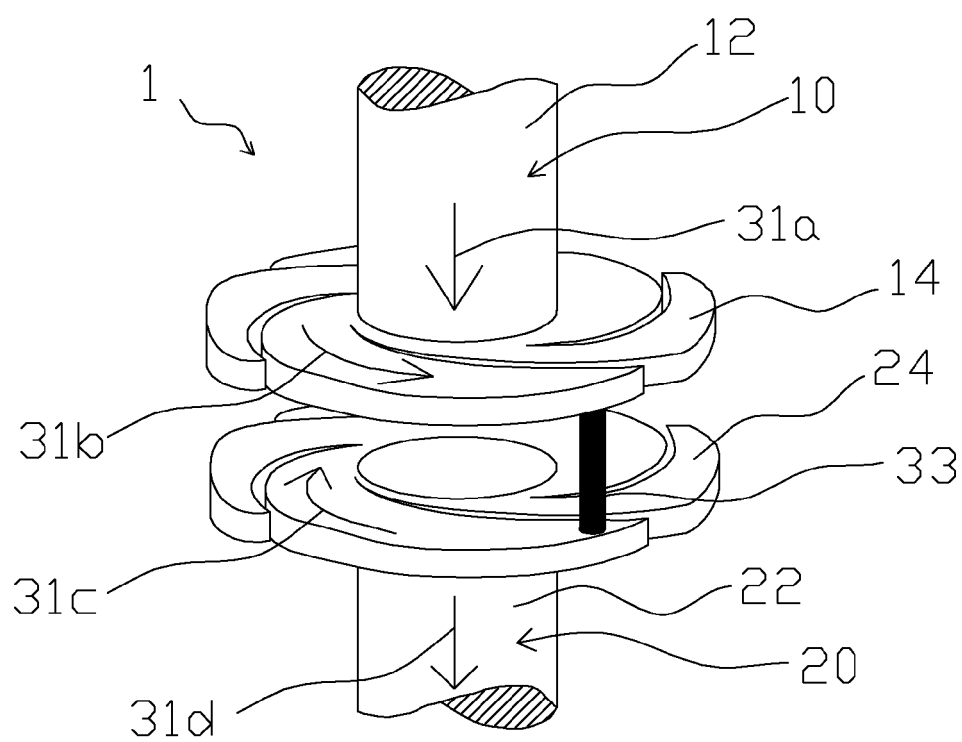


Fig.4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 09 17 7112

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 1 475 813 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 10. November 2004 (2004-11-10) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * -----	1-15	INV. H01H1/00
A	EP 1 318 533 A1 (ABB SCHWEIZ AG [CH]) 11. Juni 2003 (2003-06-11) * Zusammenfassung; Abbildung 5 * -----	1-15	ADD. H01H33/66
A	US 2007/222427 A1 (TAKEUCHI TOSHIE [JP] ET AL) 27. September 2007 (2007-09-27) * Absatz [0169] - Absatz [0184] * -----	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 8. April 2010	Prüfer Simonini, Stefano
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

1
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 09 17 7112

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

08-04-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1475813 A1	10-11-2004	AT 456853 T US 2004223276 A1	15-02-2010 11-11-2004
EP 1318533 A1	11-06-2003	KEINE	
US 2007222427 A1	27-09-2007	DE 112005001085 T5 WO 2005111641 A1 KR 20070009696 A KR 20090040370 A TW 281548 B	19-04-2007 24-11-2005 18-01-2007 23-04-2009 21-05-2007

EPO FORM P0461

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

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

- EP 1475813 A1 [0004]
- DE 10204849 A1 [0004]