

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. November 2001 (29.11.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/90767 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01R 31/12**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP00/04582**

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Mai 2000 (20.05.2000)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ELLENBERGER & POENSGEN GMBH**
[DE/DE]; Industriestr. 2-8, D-90518 Altdorf (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MECKLER, Peter**
[DE/DE]; Mittelweg 30a, D-91224 Hohenstadt/Pommels-
brunn (DE). **STEFFEN, Peter** [DE/DE]; Cauerstr. 7,
D-91058 Erlangen (DE). **KÖHLER, Stefan** [DE/DE];
Schulstr. 1, D-96472 Rödentel (DE). **WILSON, Ho**
[US/US]; 3613 N.E. 100th Street, Seattle, WA 98125 (US).

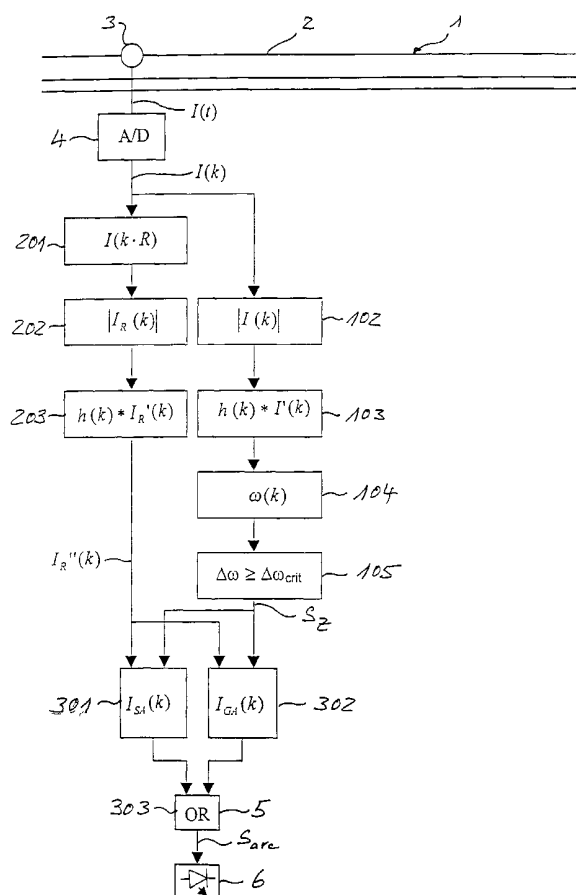
(74) Anwalt: **TERGAU & POHL**; Mögeldorf Hauptstr. 51,
D-90482 Nürnberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING ACCIDENTAL ARCS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERKENNUNG VON STÖRLICHTBÖGEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for detecting accidental arcs (arc tracking) on a cable (1), especially on a cable of an aircraft electrical system. According to said method, an alternating current signal ($I(t)$) that has been detected is sampled time-discretely and a trigonometric function ($I(k)$) imitating the alternating current characteristic is determined by interpolation of a number of sampling values ($y(k)$). The current alternating frequency (ω) is then derived from this trigonometric function. The result of a comparison of the current alternating current frequency (ω) and a set or reference frequency (ω') is used to determine the presence of an accidental arc (I_{SA}, I_{GA}) and a warning signal (S_{arc}) is optionally generated. A device which functions according to this method is advantageously integrated into a circuit-breaker (7) for the aircraft electrical system, so that the latter is equipped to detect and deactivate accidental arcs that occur on the electrical system cable (1).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Erkennung von Störlichtbögen (Arc Tracking) an einem Kabel (1), insbesondere an einem Bordnetz-kabel eines Luftfahrzeugs, vorgeschlagen, bei dem ein erfasstes Wechselstromsignal ($I(t)$) zeitdiskret abgetastet und durch Interpolation einer Anzahl von Abtastwerten ($y(k)$) eine den Wechselstromverlauf nachbildende Winkelfunktion ($I(k)$) ermittelt wird, aus der die aktuelle Wechselstromfrequenz (ω) abgeleitet wird. Aus dem Ergebnis eines Vergleichs der aktuellen Wechselstromfrequenz (ω) mit einer Soll- oder Referenz-Frequenz (ω') wird auf einen Störlichtbogen (I_{SA}, I_{GA}) geschlossen und ggf ein Meldesignal (S_{arc}) generiert. Eine nach diesem Verfahren arbeitende Vorrichtung ist vorteilhafterweise in einem Schutzschalter (7) für das Bordnetz eines Luftfahrzeugs integriert, so dass dieser zur Erkennung und Abschaltung von an einem Bordnetz-kabel (1) auftretenden Störlichtbögen ertüchtigt ist.



WO 01/90767 A1



MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

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

- 1 -

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung von Störlichtbögen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Erkennung von Störlichtbögen an einem Kabel, insbesondere an einem Bordnetz-kabel eines Luft- oder Raumfahrzeugs. Sie bezieht sich weiter auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Unter Störlichtbogen wird hierbei insbesondere das sogenannte Arc Tracking verstanden.

Das Problem des sogenannten „Cable Arc Tracking“ ist insbesondere bei Bordnetzen in Luft- und/oder Raumfahrzeugen seit Jahren bekannt. Bei diesem Arc Tracking entsteht in einem Kabelbündel zwischen zwei nebeneinander verlaufenden Kabeln aufgrund beispielsweise von Vorschädigungen und/oder Verschmutzungen (Wet Arc Tracking) oder durch Scheuern an einer metallischen Kante (Dry Arc Tracking) eine leitende Verbindung. Diese Verbindung kann zunächst hochohmig (Wet Arc Tracking) oder auch direkt niederohmig (Dry Arc Tracking) sein. Als Wet Arc Tracking wird dabei die durch einen Elektrolyt, z.B. eine Reinigungsflüssigkeit, hergestellte und die Kabelisolation angreifende leitfähige Verbindung zwischen zwei Isolationsfehlern bezeichnet. Die Folge bei Lichtbogenbildung ist häufig eine thermische Zerstörung des gesamten Kabelbündels auf einer bestimmten Länge. Demgegenüber wird beim Dry Arc Tracking die leitende Verbindung durch einen metallischen Leiter relativ niederohmig hergestellt und der Lichtbogen entsteht praktisch sofort. Auch dies kann zur thermischen Zerstörung des Kabelbündels führen.

Problematisch ist dabei nicht nur die Zerstörung des Kabelbündels selbst. Kritisch sind vielmehr daraus resultierende Folgeschäden, die durch in Brand setzen von umgebenden Material entstehen. Die aus derartigen Kabelbränden resultierenden auch explosionsähnlichen Folgefehler können wiederum Ursache katastrophaler Luft- oder Raumfahrzeugschäden sein.

Bei der Ursachenforschung hinsichtlich auftretender Störlichtbögen oder Arc Tracking in Kabeln derartiger Bordnetze konnte nachgewiesen werden, dass einerseits die Widerstandsfähigkeit von Kabelisolierungen gegen Arc Tracking ausschließlich vom Aufbau der beim Kabelmantel verwendeten Materialien abhängt. Andererseits zeichnet

- 2 -

sich das bisher verwendete Material (POLYIMID) durch eine sehr hohe Wasseraufnahme aus, wodurch eine Vorschädigung durch Rißbildung in der Isolation, speziell bei häufigen Temperaturwechseln, wie diese im Flugbetrieb auftreten, begünstigt wird. Darüber hinaus werden bei thermischer Zerstörung ab etwa 800°C karbonisierende Belege gebildet und damit das Arc Tracking, d.h. ein Weiterwandern des Bogens entlang des Kabelbaums, erst ermöglicht. Demgegenüber sind Materialien wie beispielsweise POLYTETRAFLUORETHYLEN (PTFE) relativ resistent gegenüber Arc Tracking.

Da bei den in der Luftfahrt verwendeten Kabeltypen weiterhin die Isolierung aus POLYIMID-Folie besteht, zielen alle bisher auf diesem Gebiet unternommenen Anstrengungen darauf ab, Tests zu entwickeln, die eine möglichst eindeutige Klassifizierung von Kabeln hinsichtlich deren Widerstandsfähigkeit gegen Arc Tracking zulassen. Dabei wurde POLYIMID als Bestandteil von Kabelummantelungen aufgrund seiner hervorragenden dielektrischen Werte und seiner hohen Temperaturfestigkeit bisher nicht ersetzt. Allerdings konnten trotz Optimierung der Prozesse und Anwendung höchster Sorgfalt beim Herstellen und Verlegen der Kabelbündel Unglücksfälle durch Cable Arc Tracking nicht gänzlich vermieden werden. Zudem wurde erkannt, dass auch in Steckverbindern unter Einfluss von Feuchtigkeit und Verschmutzung Überschläge auftreten können, die im ungünstigsten Fall zum Entzünden benachbarter Teile führen.

Bei der Installation von Schutzmaßnahmen kommt erschwerend hinzu, dass die Amplitude des Stromes, der während des Arc Tracking-Vorgangs fließt, insbesondere beim Wet Arc Tracking deutlich unterhalb des Nennstroms üblicherweise installierter Überstrom-Schutzorgane liegen kann mit der Folge, dass diese nicht auslösen. Demgegenüber sind die Amplitudenwerte beim Dry Arc Tracking erkanntermaßen höher. Diese treten jedoch typischerweise intervallartig auf, so dass die umgesetzte Energie häufig nicht ausreicht, um die installierten Schutzorgane auszulösen.

Zur Beherrschung des beschriebenen Problems ist es daher wünschenswert, zu dem bereits vorhandenen konventionellen Überstromschutz im Bordnetz eines derartigen Luftfahrzeugs einen zusätzlichen Schutz vor Störlichtbögen vorzusehen, um die vorhandenen Bordinstallationen möglichst zuverlässig zu schützen.

- 3 -

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein besonders geeignetes Verfahren zur Erkennung von Störlichtbögen an einem Kabel, insbesondere an einem Bordnetz-
kabel eines Luft- oder Raumfahrzeugs, anzugeben. Darüber hinaus soll eine zur
Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung angegeben werden, die in einfa-
cher und insbesondere raumsparender Weise einen besonders zuverlässigen Schutz
eines Kabels oder Kabelbündels und/oder eines darüber versorgten Verbrauchers auch
gegen Störlichtbögen (Arc Tracking) ermöglicht.

Bezüglich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die
Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der auf die-
sen zurückbezogenen Unteransprüche.

Dazu wird ein erfasstes Wechselstromsignal zeitdiskret abgetastet und durch Interpola-
tion vorzugsweise lediglich einer geringen Anzahl von Abtastwerten eine den Wechsel-
stromverlauf nachbildende Winkelfunktion ermittelt, aus der die aktuelle Wechsel-
stromfrequenz abgeleitet wird. Durch Vergleich der aktuellen Wechselstromfrequenz
mit einer Referenz- oder Soll-Frequenz wird dann auf einen Störlichtbogen geschlossen
und ggf. ein Meldesignal generiert. Die Referenz- bzw. Soll-Frequenz ist dabei die ge-
nerierte Wechselstromfrequenz, d. h. im bevorzugten Anwendungsfall die Bordnetzfre-
quenz bzw. die halbe Bordnetzfrequenz. Auch kann eine aus der Soll-Frequenz abge-
leitete kritische Frequenz vorgegeben werden. Diese ist beispielsweise eine mehr als
zehnprozentige Überschreitung der generierten Wechselstromfrequenz.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass sich bei Auftreten eines Lichtbogens
oder Arc Tracking ein entsprechendes Störsignal einem über die Versorgungsleitung
innerhalb des Kabelbündels geführten Signal, d. h. einem sinus- oder kosinusförmigen
Wechselstromsignal überlagert, wobei infolge einer Lückung im Signal durch fortwäh-
rende Löschung und Wiederezündung des Lichtbogens jede Signalhalbwellen einen cha-
rakteristischen Frequenzanteil oberhalb derjenigen Nennfrequenz aufweist, mit der das
Bordnetz betrieben wird. Das Arc-Tracking-Signal ist im erfassten Messsignal in Form
von Signalspitzen oder Peak's enthalten, die an verschiedenen Stellen der positiven
und/oder der negativen Halbwelle des nachfolgend als Kosinus-Signal beschriebenen
Messsignals auftreten können. Da derartige Überlagerungen oder Störungen infolge

- 4 -

von Arc Tracking im Wesentlichen im Stromsignal und weniger im Spannungssignal erkennbar sind, ist die messtechnische Erfassung des Stromsignals zweckmäßig.

Die Erfindung geht nun von der Überlegung aus, dass ein kontinuierliches Messsignal,
 5 dessen Signalverlauf mittels eines A/D-Wandlers zeitdiskret abgetastet wird, aus nur wenigen Werten bzw. Abtastwerten gemäß dem Ansatz:

$$y(t) = y_{\max} \cdot \cos(\omega t)$$

$$\omega t_l = -\arccos \frac{y(t_l)}{y_{\max}}$$

$$\omega t_r = \arccos \frac{y(t_r)}{y_{\max}}$$

nachgebildet und daraus die aktuelle Frequenz des tatsächlichen Signalverlaufs mit hoher Genauigkeit abgeschätzt werden kann gemäß der Beziehung:

$$f(t) = \frac{1}{\pi \Delta t} \arccos \frac{y(t_l, r)}{y_{\max}}$$

Dazu erfolgt eine Interpolation der als bevorzugte Winkelfunktion angesetzten Kosinusfunktion aus vorteilhafterweise lediglich drei Abtastwerten, nämlich dem Maximalwert ($y_{\max}$) und jeweils einem links und rechts neben dem Maximalwert liegenden Abtastwert ($y(t_{l,r})$). Aufgrund der dadurch nur vergleichsweise geringen zu verarbeitenden Datenmenge wird eine besonders geringe Verarbeitungszeit benötigt. Das Verfahren zeichnet sich somit insbesondere durch eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit aus.
 15 Anstelle der Kosinusfunktion kann als Ansatz prinzipiell auch die Sinusfunktion herangezogen werden.
 20

Die beiden zeitlich vor bzw. nach dem Maximalwert liegenden Abtastwerte weisen vorteilhafterweise den gleichen Ordinaten- oder Amplitudenwert auf. Dies wird zweckmäßigerweise durch Verwendung eines vorgegebenen Schwellwertes sichergestellt, der während der Abtastung vom jeweiligen (linken) Abtastwert gerade überschritten und vom jeweiligen (rechten) Abtastwert gerade unterschritten worden ist. Zur weiteren Ver-
 25

- 5 -

arbeitung werden die diesen beiden Abtastwerten zugehörigen Abszissenwerte und damit die entsprechenden Zeittakte herangezogen, d. h. dem Schwellwert wird das jeweilige Zeit-Kriterium oder der entsprechende Zeitwert dieser beiden Abtastwerte zugeordnet.

5

Bezüglich der Vorrichtung wird die genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 12. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der auf diesen rückbezogenen Unteransprüche.

10 Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass mittels eines entsprechenden Algorithmus durch Interpolation von zweckmäßigerweise lediglich drei Abtastwerten eines zeitdiskret abgetasteten Wechselstromsignals die aktuelle Wechselstromfrequenz abgeschätzt und bei deren Abweichung von einer Soll- oder Bordnetzfrequenz in zuverlässiger und besonders effektiver Weise ein an einem Bordnetz-

15 kabel auftretendes Arc Tracking detektiert werden kann. Durch Heranziehung des vorzugsweise um den Faktor Zehn in der Anzahl reduzierten diskreten Stromsignals, das - im Vergleich zum für die Frequenzschätzung aus nur sehr wenigen Abtastwerten interpolierten Signalverlauf - die im erfassten Wechselstromsignal enthaltenen Informationen vergleichsweise vollständig erhält, wird die gesamte Signalverarbeitung und

20 Signalauswertung datentechnisch vereinfacht. Dazu enthält der Algorithmus vorzugsweise zwei parallele Programmpfade, wobei in dem zur Frequenzschätzung vorgesehenen (ersten) Programmpfad von der für eine gewünschte Feinauflösung des Wechselstromsignals bewußt hohen Abtastrate praktisch nur drei Abtastwerte verarbeitet werden. Für den eigentlichen Signalpfad oder (zweiten) Programmpfad wäre ohne si-

25 gnifikanten Informationsverlust eine vergleichsweise geringe Abtastrate ausreichend, so dass zweckmäßigerweise die dort zu verarbeitende Datenrate durch Reduzierung der Anzahl der Abtastwerte des diskreten Stromsignals verringert wird.

Eine nach diesem Verfahren arbeitende Vorrichtung ist vorteilhafterweise in einem

30 Schutzschalter für das Bordnetz eines Luftfahrzeugs integriert, so dass dieser in einfacher und raumsparender Weise zur Erkennung und Abschaltung von an einem Bordnetz-kabel auftretenden Störlichtbögen ertüchtigt ist. Dazu wird der entsprechende Algorithmus zweckmäßigerweise in ein sogenanntes ASIC (Application Specific Integrated

Circuit) implementiert, das aufgrund dessen geringer Baugröße in einen für diese Anwendung herkömmlichen Schutzschalter mit anforderungsgemäß besonders geringen Abmessungen einsetzbar ist.

5 Die Vorrichtung eignet sich daher insbesondere zur Erkennung fehlerhafter Lichtbögen, die bei Spannungs-Überschlägen infolge von Isolationsfehlern entstehen. Die zweckmäßigerweise im Bordnetz eines derartigen Luftfahrzeugs dauerhaft installierte Vorrichtung bzw. der um diese Schutzfunktion erweiterte Schutzschalter zeigt somit Lichtbogenfehler an und schaltet ggf. selektiv ab. Dadurch wird zumindest die Brenndauer
10 eines entstandenen Lichtbogens derart reduziert, dass Folgeschäden vermieden sind. Der um diese Schutzfunktion erweiterte Schutzschalter eignet sich somit insbesondere auch zur Nachrüstung in bereits hergestellten und/oder bestimmungsgemäß genutzten Luftfahr- oder Flugzeugen, in denen die herkömmliche Kabelisolierung eingesetzt ist. Eine derartige Nachrüstung ist insbesondere aus wirtschaftlichen Gründen besonders
15 zweckdienlich, da die übliche Betriebsdauer von Flugzeugen derzeit 15 bis 20 Jahre beträgt.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

20 Fig. 1 in einem Blockdiagramm den Ablauf des Verfahrens zur Lichtbogen-erkennung in einem Bordnetz-kabel,

Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Mess- und Auswertepinzips,

25 Fig. 3 den Signalverlauf einer Arc-Signal-Gruppe und eines einzelnen Arc-Signals,

Fig. 4 einen typischen Signalverlauf infolge eines Schaltereignisses,

Fig. 5 ein Blockschaltbild eines Schutzschalters in dem der Algorithmus zur Durchführung des Verfahrens implementiert ist, und

Fig. 6 den Schutzschalter in einer perspektivischen Gesamtansicht.

30 Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

- 7 -

Die im Bordnetz eines Luftfahrzeugs oder Flugzeugs eingesetzte Spannung U_B beträgt üblicherweise 115V bei einer Netzfrequenz f von 400Hz. Das entsprechende zeitkontinuierliche oder analoge Wechselstromsignal mit derselben Frequenz von 400Hz kann somit nach dem Kosinus-Ansatz in allgemeiner und ungestörter Form, d.h. ohne überlagerte Störungen, beschrieben werden durch:

$$i(t) = \hat{i} \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

Dabei sind $\hat{i}$ die Amplitude und φ die Phase des Stromsignals sowie ω die Kreisfrequenz, mit $f = \omega/2\pi$ als Netz- oder Wechselstromfrequenz.

Ausgehend von diesem Ansatz wird gemäß Figur 1 der Strom $I(t)$ in der Versorgungsleitung 2 des Bordnetzes oder eines Bordnetzkabels 1 mittels eines Stromsensors oder -wandlers 3 erfasst. Das erfasste Stromsignal $I(t)$ enthält dabei – zusätzlich zu weiteren Störungen – als Überlagerung auch ein infolge eines Lichtbogens aufgetretenes Arc-Signal. Das erfasste Stromsignal $I(t)$ wird mittels eines Analog-Digital-Wandlers (A/D-Wandler) 4 mit einer Taktfrequenz $f = 1/T$ von z. B. 50kHz abgetastet. Der A/D-Wandler 4 hat dabei eine Auflösung von mindestens 12bit, vorzugsweise 16bit. Bei einer derartigen Taktfrequenz f von 50kHz werden alle 0,02ms die Stromwerte ($I(t)$ -Werte) abgetastet oder ausgelesen, wobei

$$I(k) = I(k \cdot T), \quad \text{mit } k \in \mathbb{Z} \quad (2)$$

ist. Dieses aus dem erfassten kontinuierlichen Stromsignal $I(t)$ mittels des A/D-Wandlers 4 in das zeitdiskrete Signal $I(kT)$ umgewandelte Signal wird mittels des in Fig.1 veranschaulichten Algorithmus verarbeitet bzw. ausgewertet. Dazu wird das Signal $I(kT)$ in einem ersten Programmschritt 102 eines ersten Programmpfades durch Betragsbildung gemäß der Beziehung:

$$I'(k) = |I(k)| \quad (3)$$

quasi gleichgerichtet, d. h. die negative Halbwelle erscheint als positive Halbwelle.

In einem anschließenden Programmschritt 103 erfolgt eine Glättung des Signals $I'(k)$ durch eine digitale Filteroperation mit der Übertragungsfunktion

$$H(z) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} z^{-k} \quad (4a)$$

und der Impulsantwort

$$h(k) = \left\{ \frac{1}{N}, k = 0 \rightarrow N-1 \right\}$$

$$h(k) = \{0, sonst\}$$
(4b)

Diese bewirkt eine Verarbeitung des Signals $I'(k)$ gemäß der Faltungs- oder Filteroperation:

$$I''(k) = h(k) * I'(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I'(k-i)$$
(4c)

Dabei ist $N = 9$, wenn aus 10 Abtastwerten der jeweilige Mittelwert gebildet wird. N gibt somit die entsprechende Fensterbreite des digitalen Filters an. Außerdem entspricht k dem aktuellen Zeitpunkt, während i die zeitlich zurückliegenden Werte angibt. Das digitale Filter bzw. die digitale Filteroperation arbeitet somit in die Vergangenheit, d. h. in kausaler Richtung.

In einem zweiten, parallelen Programmpfad durchläuft das zeitdiskrete Signal $I(k)$ in einem ersten Programmschritt 201 ein Tiefpassfilter, wobei die Anzahl der Abtastwerte nach erfolgter Filterung um z. B. den Faktor $R = 10$ reduziert ist gemäß der Beziehung:

$$I_R(k) = I(k \cdot R)$$
(5)

In den anschließenden Programmschritten 202 und 203 dieses Programmpfades erfolgt wiederum – analog zu den Programmschritten 102 und 103 – zunächst eine Betragsbildung des reduzierten Signals $I_R(k)$ mit dem Ergebnis $I'_R(k)$, wobei

- 9 -

$$I'_R(k) = |I_R(k)| \quad (6)$$

ist. Anschließend erfolgt wiederum eine Glättung des Signals $I'_R(k)$ nach den Beziehungen 4a bis 4c mit dem Ausgangssignal:

$$I''_R(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I'_R(k-i) \quad (7)$$

Dieses Signal $I''_R(k)$ wird einem Baustein oder Programmschritt 301 zur Bewertung eines einzelnen Arc-Signals oder Lichtbogen-Impulses $I_{SA}(k)$ sowie einem Programmschritt 302 zur Bewertung einer Anzahl oder Gruppe $I_{GA}(k)$ von Arc- bzw. Lichtbogen-Signalen zugeführt.

Im ersten Programmpfad wird im Programmschritt 104 die aktuelle Frequenz des Signals $I''(k)$ ermittelt gemäß der allgemeinen Beziehung:

$$2\pi f(k) = \omega(k) = \frac{2}{\Delta T} \arccos \frac{y(k_l, r)}{y(k_{\max})} \quad (8)$$

bzw. gemäß der vollständigen Beziehung:

$$\omega(k) = \frac{1}{T} \frac{(k_r - k_{\max}) \cdot \arccos \gamma_r + (k_{\max} - k_l) \arccos \gamma_l}{(k_r - k_{\max})^2 + (k_{\max} - k_l)^2} \quad (9)$$

mit

$$\gamma_r = \frac{y(k_r)}{y(k_{\max})}, \quad \gamma_l = \frac{y(k_l)}{y(k_{\max})},$$

wobei $y(k)$ dem Ausgangssignal $I''(k)$ entspricht.

Gemäß dieser Beziehung (9) lässt sich aufgrund der vorgegebenen und damit bekannten Abtastzeit T bzw. Abtastrate $f = 1/T$ aus den Abtastwerten $y(k_l)$, $y(k_r)$ und

$y(k_{\max})$ – bzw. $I''(k_l)$, $I''(k_r)$ und $I''(k_{\max})$ – an den jeweiligen Abtaststellen oder Zeittakten k_r , k_l bzw. $k_{\max}$ die aktuelle Frequenz $\omega(k)$ des zeitdiskreten Signals $I(kT)$ und damit des

- 10 -

gemessenen Stromverlaufs $I(t)$ ermitteln. Dazu erfolgt eine Interpolation der Kosinus-Funktion aus drei Punkten oder Abtastwerten, wie dies nachfolgend anhand der Fig. 2 näher erläutert wird.

- 5 Bei der zugrundegelegten Abtastzeit von 0,02ms und einer Bordnetzfrequenz von 400Hz ergeben sich 125 Abtastwerte oder Wertepaare $(k, y(k))$ je Signalperiode. Das aktuelle Signal $I(k)$ lässt sich somit beschreiben durch:

$$I(k) = I(k_{\max}) \cdot \cos[(k - k_{\max})\omega T] \quad (11)$$

10 wobei ω die aktuelle Frequenz ist. Die Schätzung der aktuellen Frequenz ω erfolgt anhand lediglich der drei Punkte:

$$P_l = (k_l, y(k_l))$$

$$P_{\max} = (k_{\max}, y(k_{\max}))$$

$$P_r = (k_r, y(k_r))$$

15 Bei Verwendung von weniger als drei Punkten müsste eine zur vollständigen Beschreibung der Kosinusfunktion (1) erforderliche Größe, z. B. die Amplitude $i(t)$ oder die Phase φ , aus einer anderen Operation abgeleitet werden.

20 Zur Bestimmung der Punkte P_l und P_r wird vorteilhafterweise ein Schwellwert A vorgegeben, bei dessen Überschreiten und bei dessen zeitlich versetztem Unterschreiten der entsprechende Zeit- oder k -Wert k_l , k_r des jeweils folgenden Abtastwertes verwendet wird, während als zugehöriger Amplituden- oder y -Wert $y(k_l)$, $y(k_r)$ jeweils der Schwellwert A verwendet wird, so dass gilt:

$$y(k_l) \approx A, \quad y(k_r) \approx A \quad (12)$$

Der Schwellwert A kann dabei auch an den jeweils maximalen Strom $I_{\max}(t)$ angepaßt werden, indem der Schwellwert A in einem entsprechenden Programmschritt automatisch z. B. auf 10% bis 70% des maximalen Stroms $I(t)$ und damit auf einen in Abhän-

gigkeit vom Leitungsquerschnitt von einem Schutzschalter üblicherweise überwachten Nennstrom eingestellt wird. Zweckmäßig ist auch eine Frequenzerkennung in einem entsprechenden Programmschritt, insbesondere wenn die Wechselstrom- oder Bordnetzfrequenz variabel ist. Eine Frequenzerkennung der aktuellen Frequenz ω kann beispielsweise vor dem ersten Programmschritt 102 und vor oder nach der Abtastung des Mess- oder Stromsignals $I(t)$ mittels eines PLL (Phase Locked Loop) erfolgen.

Im Programmschritt 105 wird diese aus dem zeitdiskreten Stromsignal $I(k)$ ermittelte aktuelle Frequenz $\omega(k)$ mit einem eine kritische Frequenz $\omega'(k)$ repräsentierenden Schwellwert $\Delta\omega_{\text{crit}}$, z. B. 50Hz, verglichen, wobei gilt:

$$\Delta\omega = |\omega - \omega'| \quad (13)$$

Die Frequenz $\omega(k)$ repräsentiert dabei die halbe Wechselstrom- bzw. Bordnetzfrequenz ($f/2 = 200\text{Hz}$). Ist $\Delta\omega \geq \Delta\omega_{\text{crit}}$, so wird im Programmschritt 105 ein Arc-Flag in Form eines Zustandssignals S_z generiert, das sowohl an den Programmschritt 301 als auch an den Programmschritt 302 weitergegeben wird. Das Zustandssignal S_z ist high ($S_z = 1$), wenn die aus dem aktuell erfassten Stromverlauf $I(k)$ ermittelte Frequenz $\omega(k)$ den Schwellwert überschreitet. Andernfalls ist das Zustandssignal S_z low ($S_z = 0$).

Während im zweiten Programmpfad mit den Programmschritten oder Funktionsbausteinen 201 bis 203 mit dem reduzierten diskreten Stromsignal $I_R(k)$ nahezu alle Informationen des verarbeiteten Signals $I(k)$ enthalten bleiben, werden im ersten Programmpfad mit den Programmschritten oder Funktionsbausteinen 102 bis 105 lediglich die zur Frequenzabschätzung erforderlichen Informationen des Signals $I(k)$ verwertet. Dadurch ist die im ersten Programmpfad zu verarbeitende Impulsrate besonders einfach beherrschbar. Die Verarbeitung der reduzierten Impulsrate im zweiten Programmpfad ist gegenüber dem ursprünglichen diskreten Stromsignal $I(k)$ ebenfalls vergleichsweise einfach beherrschbar, wobei dieser Programm- oder Signalfad zudem eine genügend genaue Auswertung der im vollständigen Signal gemäß (11) enthaltenen Informationen, insbesondere hinsichtlich mehrerer Signalamplituden $y(k_{\text{max}})$, ermöglicht.

Im Programmschritt 301 werden lediglich die einzelnen Arc-Signale $I_{SA}(k)$ ermittelt und analysiert, während im Programmschritt 302 eine Arc-Signalgruppe $I_{GA}(k)$ ermittelt bzw. analysiert wird. Figur 3 zeigt einen typischen Arc-Signal-Verlauf einer Arc-Signalgruppe $I_{GA}(k)$ (links) und eines einzelnen Arc-Signals $I_{SA}(k)$ (rechts).

5

Im Programmschritt 301 wird anhand des in der Abtastrate reduzierten Signals $I_R''(k)$ des Programmschritts 203 und des Zustandssignals S_Z des Programmschritts 105 untersucht, ob mindestens L Halbwellen des Signals $I_R''(k)$ innerhalb eines vorgebbaren Zeitfensters liegen. Dazu wird die Ableitung des Signals $I_R''(k)$ gebildet, d. h. dessen

10

Steigung ermittelt gemäß der Beziehung:

$$grad(k) = I_R''(k) - I_R''(k-1) \quad (14)$$

Sind $S_Z = 1$ und $grad(k) > grad_{max}$, überschreitet also der Wert $grad(k)$ einen Schwellwert, so wird die entsprechende Halbwelle des Signals $I_R''(k)$ als potentielles Arc-Signal angesehen und es wird ein Zähler erhöht. Liegt der Zählerwert innerhalb des Zeitfensters oberhalb von L , so generiert der Programmschritt 301 ein Arc-Erfassung repräsentierendes Meldesignal, z. B. high oder 1. Dieses wird einer ODER-Verknüpfung (Programmschritt 303) oder einem logischen ODER-Glied 5 zugeführt, die ein Meldesignal S_{arc} an ein Anzeigeelement 6, beispielsweise in Form einer Leuchtdiode (LED), liefert.

15

20

Im Programmschritt 302 wird eine Gruppe $I_{GA}(k)$ von Arc-Signalen verglichen mit einem eventuell (gleichzeitig) auftretenden Störsignalverlauf infolge eines verbraucherseitigen Schaltereignisses, dessen typischer Signalverlauf I_{SE} in Figur 4 dargestellt ist. Zwar zeigt ein derartiges Störsignal I_{SA} infolge des Ein- oder Ausschaltens eines über dieses Bordnetz-kabel 1 angeschlossenen Verbrauchers oder einer Last einen den Arc-Signalen $I_{GA}(k)$ ähnlichen Signalverlauf. Allerdings klingt ein derartiges Störsignal I_{SA} erkanntermaßen nach einer e-Funktion ab, was bei einer typischen Arc-Signalgruppe $I_{GA}(k)$ nicht der Fall ist.

25

Anhand oder aufgrund dieses Abklingverhaltens kann ein derartiges Störsignal infolge von Schaltereignissen daher von einer typischen Arc-Signalgruppe $I_{GA}(k)$ unterschieden werden. Dazu erfolgt zunächst eine Bestimmung der Maxima aller Halbwellen der Signale der Arc-Signal-Gruppe $I_{GA}(k)$, deren Frequenz ω über der kritischen Frequenz ω' liegen. Anschließend erfolgt die Summation von M aufeinander folgenden Maxima sowie die Bestimmung des Maximums der M Werte und die Bildung des Mittelwertes. Wird ein vorgebbare Anteil, z. B. 90%, des Mittelwertes erreicht, so wird auf Arc Tracking erkannt und der Programmschritt 302 liefert wiederum ein eine Arc-Erfassung repräsentierendes Meldesignal, z. B. high oder 1. Dieses wird der ODER-Verknüpfung (Programmschritt 303) zugeführt, die das Meldesignal S_{arc} für das Anzeigeelement 6 oder für eine Schutzschalterfunktion (Fig. 5) erzeugt.

Die gesamte Programmfunktion ist vorzugsweise integriert in ein ASIC (Application Specific Interated Circuit), das seinerseits als integraler Bestandteil in einen im Luft- bzw. Raumfahrzeug üblicherweise vorgesehenen Schutzschalter 7 gemäß Fig. 6 eingesetzt ist. Die Abmessungen des Schutzschalters 7 sind an die in diesem Anwendungsfall, nämlich der Luft- und Raumfahrzeuge, üblichen Anforderungen angepasst und betragen ca. $a = 50\text{mm}$, $h = 40\text{mm}$ und $b = 20\text{mm}$.

Fig. 5 zeigt die Funktionsbausteine eines solchen Schutzschalters 7 mit integriertem Analog-Digital-Wandler 4 und ASIC-Funktionsbaustein 8, in den der in Fig. 1 veranschaulichte und gemäß des hier beschriebenen Verfahrens arbeitende Algorithmus fest einprogrammiert bzw. implementiert ist. Ein Netzteil 9 liefert den Versorgungsstrom oder die Versorgungsspannung für den Funktionsbaustein 8 und für den diesem vorgeordneten A/D-Wandler 4 sowie für den ebenfalls integrierten Stromsensor 3 und einen Fernauslösebaustein 10 zur Fernauslösung in Form beispielsweise einer Auslösespule. Diese ist mit einer Schutzschalterfunktion 11, insbesondere mit mindestens einem Auslöser, einem Schaltschloss und einem Schaltkontakt 12, gekoppelt. Der Schaltkontakt 12 ist zwischen einen LINE-Anschluss A_{Ln} und einen LOAD-Anschluss A_{Ld} des zusätzlich einen Ground-Anschluss A_G aufweisenden Schutzschalters 7 geschaltet.

Bei Anschluss des Schutzschalters 7 an die Versorgungsleitung 2 des Bordnetzes oder -kabels 1 erfasst der Stromsensor 3 das bei geschlossenem Schaltkontakt 12 über die

- 14 -

Schutzschalterfunktion 11 zu einem Aktor, einem Sensor und damit zu einem Bordnetzverbraucher oder allgemein zur Last 13 des Bordnetzes 1 geführte Stromsignal $I(t)$. Dessen Verarbeitung zur Erfassung von Arc-Signalen (Arc Tracking) infolge eines entlang des Bordnetzkabels 1 auftretenden Lichtbogens erfolgt innerhalb des Schutzschalters 7 mittels des A/D-Wandlers 4 und des FPGA-Bausteins 8. Dieser generiert im Falle der beschriebenen Detektion eines Arc Tracking das Meldesignal S_{arc} , das zur Anzeige 6 und/oder zum Fernauslösebaustein 10 geführt wird. Dieser liefert ein Auslösesignal S_A an die insbesondere als Leitungsschutz wirksame Schutzschalterfunktion 11, die den Schaltkontakt 12 öffnet und somit die entsprechende Last 13 von der Versorgungsleitung 2 und damit vom Bordnetz 1 trennt.

Der Schutzschalter 7 gewährleistet somit zusätzlich zum konventionellen Überstromschutz im Bordnetz eines derartigen Luftfahrzeugs einen erweiterten Schutz auch vor Störlichtbögen, so dass die vorhandenen Bordinstallationen zuverlässig geschützt sind.

Bezugszeichenliste

1	Bordnetz
2	Versorgungsleitung
3	Stromwandler
4	A/D-Wandler
5	ODER-Glied/-Verknüpfung
6	Anzeigeelement
7	Schutzschalter
8	ASIC-Funktionsbaustein
9	Netzteil
10	Fernauslöse-Baustein
11	Schutzschalterfunktion
12	Schaltkontakt
13	Last

102-303 Programmschritt

$I(t)$	Wechselstromsignal
$I(k)$	zeitdiskretes Stromsignal
I_{SA}	(einzelnes) Arc-Signal
I_{GA}	Arc-Signalgruppe
I_{SE}	Signalverlauf/Störsignal
S_{arc}	Meldesignal
S_z	Zustandssignal

Ansprüche

1. Verfahren zur Erkennung von Störlichtbögen (Arc Tracking) an einem Kabel (1), insbesondere an einem Bordnetzkabel eines Luftfahrzeugs, bei dem ein erfasstes Wechselstromsignal ($I(t)$) zeitdiskret abgetastet und anhand des dabei gebil-
- 5 deten diskreten Stromsignals ($I(k)$) durch Interpolation einer Anzahl von Ab-
- tastwerten ($y(k)$) eine den Wechselstromverlauf nachbildende Winkelfunktion ($I(k)$) ermittelt wird, aus der die aktuelle Wechselstromfrequenz (ω) abgeleitet wird, und bei dem aus dem Ergebnis eines Vergleichs der aktuellen Wechsel-
- 10 stromfrequenz (ω) mit einer Soll-Frequenz (ω') auf einen Störlichtbogen geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zur Ableitung der aktuellen Wechsel-
- stromfrequenz (ω) aus der Anzahl der Abtastwerte ($y(k)$) lediglich der den Maxi-
- malwert repräsentierende Abtastwert ($P_{\max}$) sowie ein zeitlich vor dem Maximal-
- 15 wert liegender (linker) Abtastwert (P_l) und ein zeitlich nach dem Maximalwert lie-
- gender (rechter) Abtastwert (P_r) herangezogen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem dem linken Abtastwert (P_l) und dem rech-
- ten Abtastwert (P_r) der gleiche y-Wert (A) zugeordnet wird.
- 20 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem ein Schwellwert (A) vorgegeben wird, der dem diesen überschreitenden Abtastwert (P_l) und dem jenen unterschreitenden Abtastwert (P_r) als y-Wert zugeordnet wird.
- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die aktuelle Wechsel-
- stromfrequenz (ω) algorithmisch ermittelt wird gemäß der Beziehung:

$$\omega(k) = \frac{1}{T} \frac{(kr - k_{\max}) \cdot \arccos \gamma_r + (k_{\max} - kl) \arccos \gamma_l}{(kr - k_{\max})^2 + (k_{\max} - kl)^2}$$

mit $\gamma_r = \frac{y(kr)}{y(k_{\max})}$, $\gamma_l = \frac{y(kl)}{y(k_{\max})}$,

- 17 -

wobei $1/T$ die Taktfrequenz und $k_l, k_{\max}, k_r$ die den entsprechenden Amplitudenwerten $y(k_l), y(k_{\max})$ bzw. $y(k_r)$ zugeordneten Zeittakte ($k \cdot T$) der Abtastwerte ($y(k)$) sind.

- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem in einem (ersten) Verarbeitungsschritt (102) der Betrag des diskreten Stromsignals ($I(k)$) gebildet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, bei dem das diskrete Stromsignal ($I(k)$) in einem Verarbeitungsschritt (201) in der Anzahl der Abtastwerte ($I(k)$) reduziert wird, und bei dem in einem (ersten) Verarbeitungsschritt (202) der Betrag des reduzierten diskreten Stromsignals ($I_R(k)$) gebildet wird.
- 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem in einem (zweiten) Verarbeitungsschritt (103,203) das durch Betragsbildung vorverarbeitete diskrete Stromsignal ($I'(k)$) und/oder das in der Anzahl der Abtastwerte ($I(k)$) reduzierte und durch Betragsbildung vorverarbeitete diskrete Stromsignal ($I_R'(k)$) durch eine digitale Filterung gemäß der Faltungsoperation:
- 15

$$I''(k) = h(k) * I'(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I'(k-i)$$

$$I_R''(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I_R'(k-i)$$

weiterverarbeitet wird, wobei N die Fensterbreite der digitalen Filterung und $h(k)$ die aus dieser resultierende Impulsantwort sind, und wobei $h(k) = 1/N$ für $k = 0$ bis $N - 1$ und sonst $h(k) = 0$ ist.

- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem anhand eines aus dem Ergebnis des Frequenzvergleichs abgeleiteten Zustandssignal (S_Z) und eines aus dem reduzierten diskreten Stromsignal ($I_R(k)$) abgeleiteten Ausgangssignal ($I''_R(k)$) einzelne Störsignale (I_{SA}) und/oder eine Störsignalgruppe (I_{GA}) hinsichtlich deren Bildung infolge eines Lichtbogens bewertet werden.

- 18 -

10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 9, bei dem ein bei Detektion eines Störlichtbogens erzeugtes Meldesignal (S_{arc}) zur Auslösung eines Schutzschalters (7) herangezogen wird, der im Auslösefall eine Last (13) vom Kabel (1) abtrennt.
- 5 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem eine detektierte Arc-Signalgruppe $I_{GA}(k)$ von einem infolge eines Schaltereignisses aufgetretenen Störsignal (I_{SE}) unterschieden wird anhand dessen Abklingverhaltens.
- 10 12. Vorrichtung zur Erkennung von Störlichtbögen (Arc Tracking) an einem Kabel (1), insbesondere an einem Bordnetz-kabel eines Luftfahrzeugs, mit einem Stromsensor (3) zur Erfassung eines über das Kabel (1) geführten Wechselstromsignals ($I(t)$) und mit einem Analog-Digital-Wandler (4), der aus dem Wechselstromsignal ($I(t)$) eine Anzahl von zeitdiskreten Abtastwerten ($y(k)$) erzeugt, sowie mit einem Funktionsbaustein (8), dessen Algorithmus durch Auswertung
- 15 ausgewählter Abtastwerte (y_{lr}, y_{max}) die aktuelle Wechselstromfrequenz (ω) ermittelt und bei deren Abweichung von einer Soll-Frequenz (ω') ein Meldesignal (S_{arc}) erzeugt.
- 20 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der als Funktionsbaustein (8) ein ASIC (Application Specific Integrated Circuit) eingesetzt ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, bei der der Stromsensor (3) und der Analog-Digital-Wandler (4) sowie der Funktionsbaustein (8) in einem Schutzschalter (7) integriert sind, dessen Schutzschalterfunktion (11) bei Empfang des
- 25 Meldesignals (S_{arc}) eine Verbindung zwischen einem Eingangsanschluss (A_{Ln}) für eine Versorgungsleitung (2) des Kabels (1) und einem Ausgangsanschluss (A_{ld}) für eine Last (13) auftrennt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, bei der ein eingangsseitig mit dem Eingangsanschluss (A_{Ln}) verbundenes Versorgungsnetzteil (9) ausgangsseitig mit dem
- 30 Funktionsbaustein (8) und mit dem Stromsensor (3) verbunden ist.

- 19 -

16. Schutzschalter, insbesondere für das Bordnetz eines Luftfahrzeugs, mit einer Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13 zur Erkennung und Abschaltung von an einem Kabel (1) auftretenden Störlichtbögen.

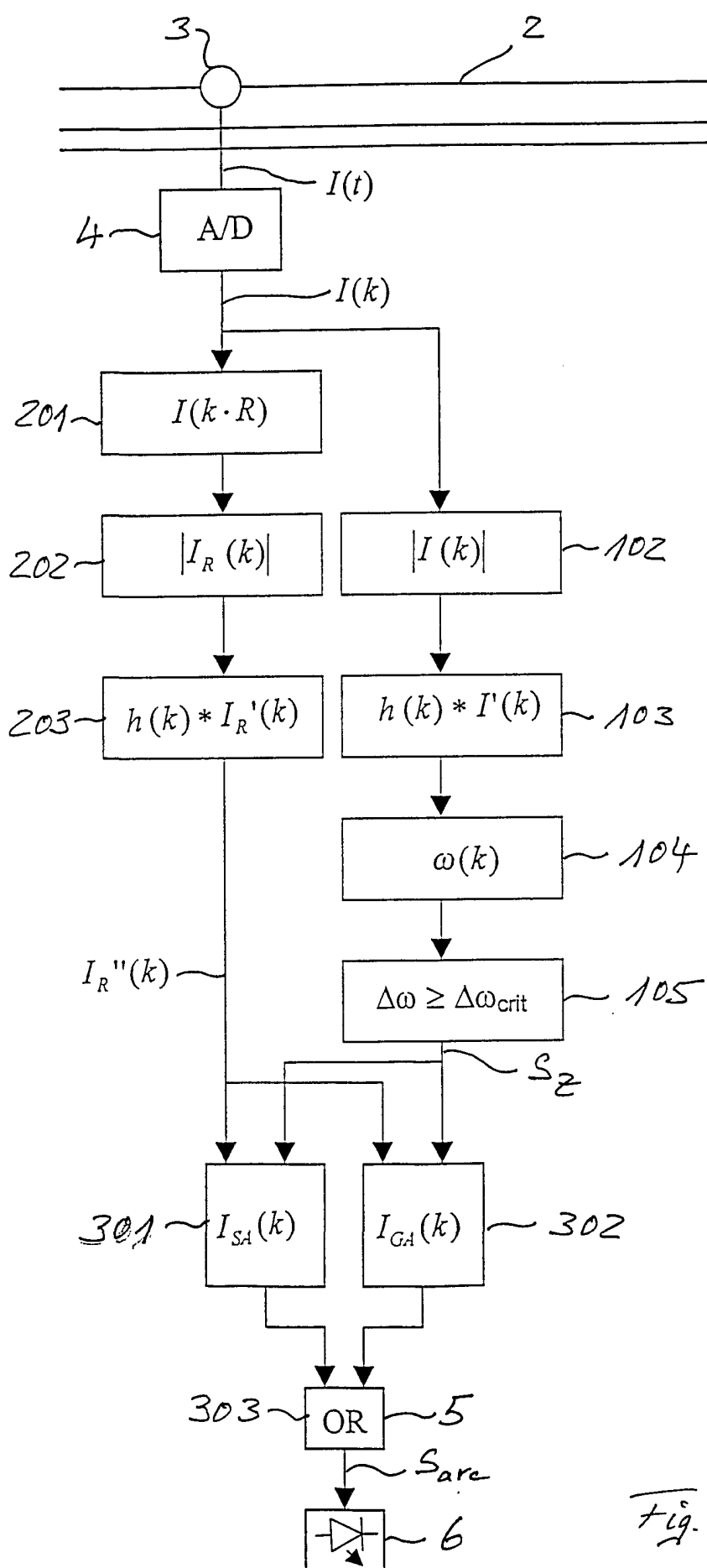


Fig. 1

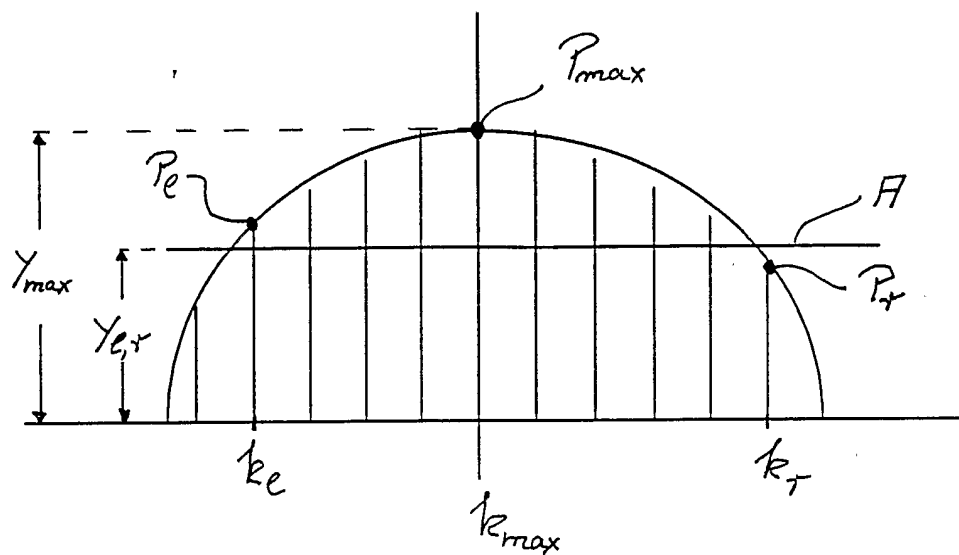


Fig. 2

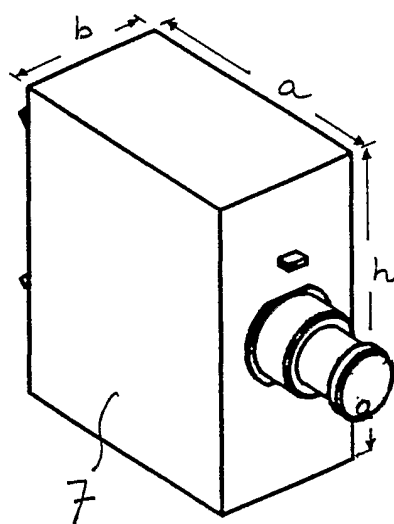


Fig. 6

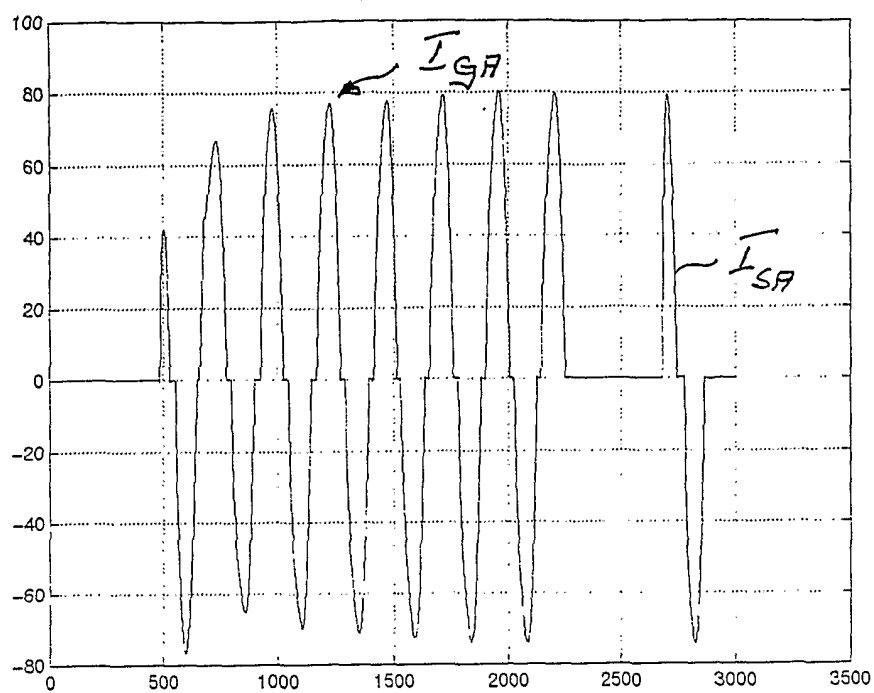


Fig. 3

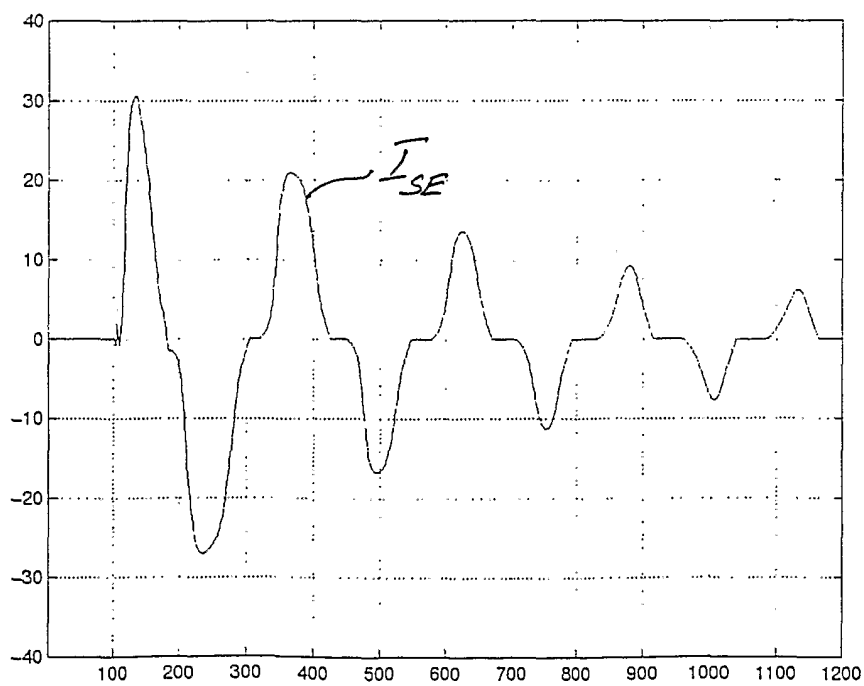


Fig. 4

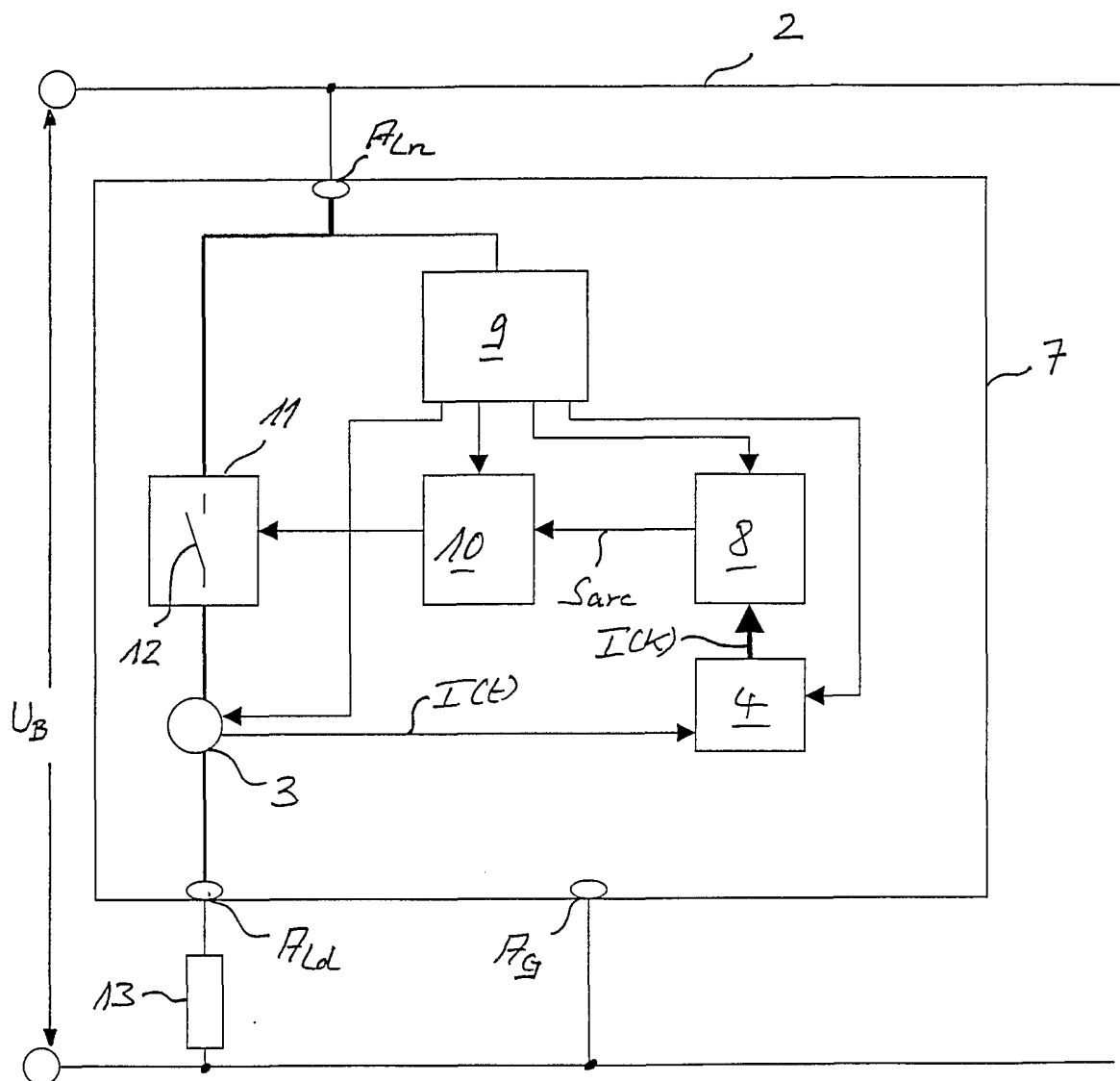


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No.

PCT/EP 00/04582

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01R31/12

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R

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

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

WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 639 879 A (EATON) 22 February 1995 (1995-02-22) claim 1 ---	1, 12
A	DE 40 29 141 A (SIEMENS) 12 March 1992 (1992-03-12) claims 1-3 ---	1, 12
A	US 5 561 605 A (ZUERCHER ET AL.) 1 October 1996 (1996-10-01) Siehe Zusammenfassung -----	1, 12

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

Date of the actual completion of the international search

6 February 2001

Date of mailing of the international search report

14/02/2001

Name and mailing address of the ISA

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

Authorized officer

Hoornaert, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/04582

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 639879 A	22-02-1995	US 5452223 A	19-09-1995
		AU 674979 B	16-01-1997
		AU 7140094 A	02-03-1995
		CA 2130534 A	21-02-1995
		CN 1129809 A	28-08-1996
		DE 69414328 D	10-12-1998
		DE 69414328 T	17-06-1999
		ES 2124823 T	16-02-1999
		JP 7236224 A	05-09-1995
		US 5561605 A	01-10-1996
		ZA 9406334 A	22-03-1995
DE 4029141 A	12-03-1992	AU 8402191 A	30-03-1992
		CA 2091345 A	12-03-1992
		WO 9204635 A	19-03-1992
		DE 59101952 D	21-07-1994
		EP 0548129 A	30-06-1993
US 5561605 A	01-10-1996	US 5452223 A	19-09-1995
		AU 674979 B	16-01-1997
		AU 7140094 A	02-03-1995
		CA 2130534 A	21-02-1995
		CN 1129809 A	28-08-1996
		DE 69414328 D	10-12-1998
		DE 69414328 T	17-06-1999
		EP 0639879 A	22-02-1995
		ES 2124823 T	16-02-1999
		JP 7236224 A	05-09-1995
		ZA 9406334 A	22-03-1995

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/04582

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01R31/12

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01R

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

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

WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 639 879 A (EATON) 22. Februar 1995 (1995-02-22) Anspruch 1	1, 12
A	DE 40 29 141 A (SIEMENS) 12. März 1992 (1992-03-12) Ansprüche 1-3	1, 12
A	US 5 561 605 A (ZUERCHER ET AL.) 1. Oktober 1996 (1996-10-01) Siehe Zusammenfassung	1, 12

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

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

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

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

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Februar 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/02/2001

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Hoornaert, W

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/04582

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 639879	A	22-02-1995	US	5452223 A	19-09-1995
			AU	674979 B	16-01-1997
			AU	7140094 A	02-03-1995
			CA	2130534 A	21-02-1995
			CN	1129809 A	28-08-1996
			DE	69414328 D	10-12-1998
			DE	69414328 T	17-06-1999
			ES	2124823 T	16-02-1999
			JP	7236224 A	05-09-1995
			US	5561605 A	01-10-1996
			ZA	9406334 A	22-03-1995
DE 4029141	A	12-03-1992	AU	8402191 A	30-03-1992
			CA	2091345 A	12-03-1992
			WO	9204635 A	19-03-1992
			DE	59101952 D	21-07-1994
			EP	0548129 A	30-06-1993
US 5561605	A	01-10-1996	US	5452223 A	19-09-1995
			AU	674979 B	16-01-1997
			AU	7140094 A	02-03-1995
			CA	2130534 A	21-02-1995
			CN	1129809 A	28-08-1996
			DE	69414328 D	10-12-1998
			DE	69414328 T	17-06-1999
			EP	0639879 A	22-02-1995
			ES	2124823 T	16-02-1999
			JP	7236224 A	05-09-1995
			ZA	9406334 A	22-03-1995