

SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 697 108 A5

(51) Int. Cl.: G01R 31/08 (2006.01)
H02H 3/40 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

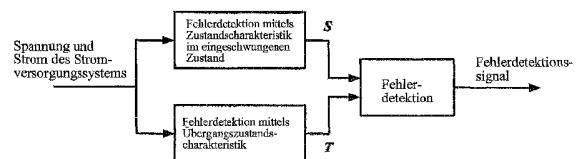
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTCHRIFT**

(21) Gesuchsnummer: 02108/03	(73) Inhaber: Sungkyunkwan University, 53 Myungryun-dong 3 ga, Jongro-gu Seoul 110-745 (KR)
(22) Anmeldedatum: 10.12.2003	
(30) Priorität: 11.07.2003 KR 10-2003-0047071	(72) Erfinder: Kim Chul-Hwan, Seongnam-si, Gyeonggi-do (KR) Heo Jeong-Yong, Seoul (KR)
(24) Patent erteilt: 30.04.2008	
(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.04.2008	(74) Vertreter: Isler & Pedrazzini AG, Postfach 1772 8027 Zürich (CH)

(54) **Verfahren zur Detektion eines Fehlers auf Übertragungsleitungen unter Verwendung von Harmonischen und einem Zustandsübergangdiagramm.**

(57) Es wird ein Verfahren zur Detektion eines Fehlers unter Verwendung der Harmonischen und eines Zustandsübergangdiagramms offenbart. Wenn der Fehler auf Übertragungsleitungen auftritt, wird er unter Verwendung der Harmonischen und eines Zustandsübergangdiagramms detektiert. Zwei Logiksignale (S, T) werden unter Verwendung der Scheinimpedanz einer Zustandscharakteristik eines eingeschwungenen Zustands und einer Summe der Komponenten der Harmonischen einer Übergangszustandscharakteristik abgegeben. Diese beiden Logiksignale (S, T) werden als Eingangsparameter eines Zustandsübergangdiagramms benutzt, so dass der Zustand eines elektrischen Stromversorgungssystems auf der Basis eines Zustandsübergangs des elektrischen Stromversorgungssystems angenommen wird. Es ist möglich, eine Fehlfunktion eines Distanzrelais bei zunehmender Last und einer instabilen Spannung zu verhindern. Der Zustand des elektrischen Stromversorgungssystems wird unter Verwendung der Harmonischen und des Zustandsübergangdiagramms angenommen, und der Fehler auf der Übertragungsleitung wird sicher detektiert.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Detektion eines Fehlers auf Übertragungsleitungen, und insbesondere auf ein Verfahren zur genauen Detektion eines Fehlers auf Übertragungsleitungen unter Verwendung von Harmonischen und einem Zustandsübergangsdiagramm eines elektrischen Stromversorgungssystems, in welchem eine Scheinimpedanz mit einer feststehenden Zustandscharakteristik und Harmonische mit einer sich ändernden Zustandscharakteristik als Eingangsgrößen eines Zustandsübergangsdiagramms verwendet werden, um einen Zustand des elektrischen Stromversorgungssystems anzunehmen und dabei den Fehler auf den Übertragungsleitungen zu detektieren, selbst wenn die Übertragungsleitungen mit instabiler Spannung und Überlast behaftet sind.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Distanzrelais verwenden die Scheinimpedanz, die unter Verwendung der an den Leitungen anliegenden Spannungen und Ströme berechnet wird. Wenn auf den Leitungen ein Erdfehler oder ein Kurzschlussfehler auftritt, verringert sich der Wert der Scheinimpedanz eines Distanzrelais. Wenn die Scheinimpedanz mit einem reduzierten Wert in eine vorbestimmte Zone eintritt, wird der Fehler bestimmt. Fig. 1 zeigt den Weg der Scheinimpedanz, wenn ein Fehler auftritt. Nachdem der Fehler aufgetreten ist, verändert sich der Ort der Scheinimpedanz in Abhängigkeit vom Abstand zwischen dem Distanzrelais und der Position des Fehlers. Auf diese Weise ist es möglich, den Fehler und die Position des Fehlers unter Verwendung des Ortes der Scheinimpedanz zu bestimmen.

[0003] Nachfolgend soll eine Fehlfunktion des Distanzrelais beschrieben werden. Wenn die Last eines elektrischen Stromversorgungssystems auf den Übertragungsleitungen erhöht wird, verringert sich die Spannung, erhöht sich der Strom und die von dem Distanzrelais berechnete Scheinimpedanz verringert sich. Wenn die Last kontinuierlich erhöht wird, kann die Scheinimpedanz in eine bestimmte Zone eintreten. Wenn die Scheinimpedanz eher wegen der erhöhten Last als wegen des Fehlers in die Zone eintritt, was als «Lastübergriff» bezeichnet wird, hat das Distanzrelais eine Fehlfunktion. Darüber hinaus kann die Scheinimpedanz in die Zone eintreten, wenn wegen eines instabilen Zustands der Spannung die Spannung reduziert und der Strom erhöht wird.

[0004] Eine solche Fehlfunktion des Distanzrelais wird häufig an einem äusseren Teil der Zone erzeugt, d.h., an der dritten, in Fig. 1 gezeigten Zone.

[0005] Üblicherweise wird zur Detektion des Fehlers auf Übertragungsleitungen auf beiden Seiten der Übertragungsleitung ein Sperrkreis und ein Tuner mit einem Radiofrequenzband installiert. Der Fehler auf der Übertragungsleitung wird dann durch Verwendung eines Hemmungssignals und eines Arbeitssignals detektiert, die aus einer Radiofrequenzkomponente abgeleitet werden. Jedoch wird für die Ableitung der Radiofrequenzkomponente nicht nur zusätzliche Hardware benötigt, sondern es ist auch schwierig, den Fehler unter Verwendung der Radiofrequenzkomponente zuverlässig zu detektieren.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Entsprechend ist die vorliegende Erfindung gemacht worden, um die oben erwähnten, beim Stand der Technik auftretenden Probleme zu lösen, und eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Detektion eines Fehlers auf Übertragungsleitungen unter Verwendung von Harmonischen und einem Zustandsübergangsdiagramm bereitzustellen, in welchem unter Verwendung einer Scheinimpedanzkomponente einer Zustandscharakteristik eines eingeschwungenen Zustandes und einer Summe der Komponenten von Harmonischen einer Übergangszustandscharakteristik zwei Logiksignale ausgegeben werden, und diese zwei Logiksignale als Eingangsparameter für ein Zustandsübergangsdiagramm verwendet werden, derart, dass im Zustandsübergangsdiagramm entsprechend dem Zustand des Systems ein Zustandsübergang erzeugt wird, wobei der Zustand des Systems auf der Grundlage des Zustandsübergangs derart angenommen wird, dass ein Distanzrelais vor einer Fehlfunktion bewahrt wird, selbst wenn die am Distanzrelais anliegende Last erhöht wird oder eine instabile Spannung an das Distanzrelais angelegt wird.

[0007] Um diese Aufgabe zu lösen, wird ein Verfahren zur Detektion eines Fehlers auf einer Übertragungsleitung unter Verwendung der Harmonischen und eines Zustandsübergangsdiagramms vorgeschlagen, welches Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Erzeugen eines Eintrittsbestätigungssignals und eines kritischen Bestätigungssignals, wobei das Eintrittsbestätigungssignal, welches anzeigt, ob ein Weg der Scheinimpedanz in eine Zone eintritt, oder nicht, von einer Übertragungsleitung unter Verwendung von Spannung und Strom auf einem elektrischen Stromversorgungssystem abgegeben wird, und wobei eine Summe von Komponenten der Harmonischen der Übertragungsleitung berechnet wird, um das kritische Bestätigungssignal abzugeben, welches anzeigt, ob die Summe der Komponenten der Harmonischen einen vorbestimmten kritischen Wert übersteigt; Anwenden des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals auf ein Zustandsübergangsdiagramm, um einen Zustandsübergang in Abhängigkeit von der Veränderung des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals zu machen; und Annehmen eines Zustands des elektrischen Stromversorgungssystems durch Analysieren des Zustandsübergangs im Zustandsübergangsdiagramm ge-

mäss der Veränderung des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals, wobei ein Fehler-, ein Nicht-Fehler-Zustand und ein Lastunterbrechungszustand bestimmt werden, in welchem die Scheinimpedanz aufgrund einer Zunahme der Last in die Zone eintritt.

[0008] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das kritische Bestätigungssignal nach den folgenden Gleichungen berechnet:

$$H_{\text{sum}} = \sum_{k=2}^{N/2} |X(k)|$$

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x_k W_N^{nk} \quad (n = 0, 1, 2, \dots, N-1)$$

$$= \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N-1} x_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right)$$

wobei $W_N = e^{-j(2\pi/N)}$, $x_k = x[t-(N-1)+k]$, $X(n)$ eine Komponente der Harmonischen ist, und H_{sum} eine Summe von Komponenten der Harmonischen ist.

[0009] Der Zustandsübergangsschritt des Zustandsübergangs des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Signals beinhaltet die Teilschritte: Verschieben in einen Lastunterbrechungszustand, wenn die Scheinimpedanz in eine dritte Zone eintritt, wenn die Last im Vergleich zu einem Eingangswert des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einem Anfangszustand zunimmt, und Verschieben in einen Fehlerfortsetzungszustand, wenn die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt; Aufrechterhalten eines vorliegenden Zustands, wenn das Eingangsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, nachdem der Zustand in den Fehlerfortsetzungszustand verschoben worden ist, Verschieben in den Anfangszustand, wenn die Scheinimpedanz ausserhalb der dritten Zone ist oder die Summe der Komponenten der Harmonischen aufgrund einer Abnahme der Last kleiner wird als der kritische Wert, und Verschieben in einen Fehlerzustand, wenn die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt und die Scheinimpedanz aufgrund einer Zunahme der Last in die dritte Zone eintritt; Verschieben in einen Schutzschalterauslösezustand für die Auslösung eines Schutzschalters, wenn eine Verzögerung um eine vorbestimmte Zeit stattgefunden hat, nachdem der Zustand in den Fehlerzustand verschoben worden ist, Aufrechterhalten des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, Verschieben in den Anfangszustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund der Abnahme der Last ausserhalb der dritten Zone ist, und Verschieben in den Fehlerbeseitigungszustand, wenn die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt, wenn die Last erhöht worden ist; und Aufrechterhalten des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, nachdem der Zustand in den Fehlerbeseitigungszustand verschoben worden ist, und Verschieben in den Fehlerzustand, wenn die Scheinimpedanz in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen kleiner als der kritische Wert wird.

[0010] Gemäss der vorliegenden Erfindung umfasst das Verfahren weiterhin die Teilschritte: Aufrechterhalten des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, Verschieben in den Anfangszustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund der Abnahme der Last ausserhalb der dritten Zone ist, und Verschieben in einen primären Lastunterbrechungs- und Fehlerzustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund der Zunahme der Last in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt; Aufrechterhalten des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, nachdem der Zustand in den primären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand verschoben worden ist, Verschieben in den Anfangszustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund der Abnahme der Last ausserhalb der dritten Zone ist und die Summe der Komponenten der Harmonischen kleiner wird als der kritische Wert, und selektives Verschieben in den Lastunterbrechungsfortsetzungszustand oder einen sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand, wenn die Last umgebogen wird; und Verschieben in den Fehlerzustand aufgrund einer Zeitverzögerung, nachdem der Zustand in den sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand verschoben worden ist, Aufrechterhalten des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, und Verschieben in den Lastunterbrechungsfortsetzungszustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund einer Abnahme der Last ausserhalb der dritten Zone ist und die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt.

[0011] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Verfahren weiterhin die Teilschritte des Aufrechterhaltens des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, des Verschiebens in den Anfangszustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund der Abnahme der Last ausserhalb der dritten Zone ist und die Summe der Komponenten der Harmonischen kleiner wird als der kritische Wert, und des Verschiebens in den Fehlerfortsetzungszustand, wenn die erhöhte Last durchgehend aufrechterhalten wird.

[0012] Wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge vom Anfangszustand, dem Fehlerfortsetzungszustand, dem Fehlerzustand, und dem Schutzschalterauslösezustand durchgeführt wird, wird bestimmt, dass der Schutzschalter unter einer Bedingung ausge-

löst wird, dass die Scheinimpedanz in die dritte Zone eines Distanzrelais eintritt, und dabei den Fehler verursacht, und der Fehler wegen einer Zeitverzögerung nicht beseitigt wird.

[0013] Wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Fehlerfortsetzungszustand, dem Fehlerzustand, dem Fehlerbeseitigungszustand, dem Anfangszustand, oder in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Fehlerfortsetzungszustand, dem Fehlerzustand, und dem Anfangszustand, durchgeführt wird, wird bestimmt, dass der Fehler mittels des Hauptschutzes beseitigt wird unter einer Bedingung, dass die Scheinimpedanz in die dritte Zone eines Distanzrelais eintritt, wobei der Fehler auftritt.

[0014] Wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Lastunterbrechungszustand, und dem Anfangszustand, durchgeführt wird, wird bestimmt, dass die Scheinimpedanz in die dritte Zone eines Distanzrelais eintritt, während die zunehmende Last ausserhalb der dritten Zone des Distanzrelais ist, so dass die Last verringert wird.

[0015] Wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Lastunterbrechungszustand, dem primären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand, dem sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand, und dem Anfangszustand, durchgeführt wird, wird bestimmt, dass die Last abgeschaltet wird, nachdem der Fehler auftritt in einem Zustand, in dem die Scheinimpedanz in die dritte Zone des Distanzrelais eintritt.

[0016] Wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Lastunterbrechungszustand, dem primären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand, dem sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand, dem Fehlerzustand, und dem Schutzschalterauslösezustand, durchgeführt wird, wird bestimmt, dass der Schutzschalter ausgelöst wird unter einer Bedingung, dass die Scheinimpedanz in die dritte Zone eines Distanzrelais eintritt, und dabei die Last erhöht und den Fehler verursacht, und der Fehler aufgrund einer Zeitverzögerung nicht beseitigt wird.

[0017] Wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Fehlerfortsetzungszustand, und dem Anfangszustand, durchgeführt wird, wird bestimmt, dass die Last abgeschaltet wird, wenn der Fehler auftritt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] Die oben genannten und andere Gegenstände, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden durch die nachfolgende detaillierte Beschreibung im Zusammenhang mit den dazugehörigen Zeichnungen deutlicher, in welchen:

- Fig. 1 die Darstellung eines Weges der Scheinimpedanz in einer Impedanzebene eines herkömmlichen Distanzrelais zeigt;
- Fig. 2 die Darstellung eines Weges der Scheinimpedanz gemäss einem Zustand eines elektrischen Stromversorgungssystems nach dem Stand der Technik zeigt;
- Fig. 3 eine Blockdarstellung eines Fehlerdetektionsverfahrens gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 4 ein Zustandsübergangdiagramm für die Detektion eines Fehlers unter Verwendung der Signale S und T gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 5 ein Graph ist, der die Veränderung der Signale S und T in Abhängigkeit von einem Zustand des Systems gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 6 ein System an beiden Enden von drei 154kV-Sammelschienen gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 7 einen Weg der Scheinimpedanz gemäss einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, wenn ein 3-Phasen-Fehler auftritt;
- Fig. 8 eine Summe der Komponenten der Harmonischen gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, wenn ein 3-Phasen-Fehler auftritt;
- Fig. 9 einen Zustandswert und Signale S und T gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt, wenn ein 3-Phasen-Fehler auftritt;
- Fig. 10 einen Weg der Scheinimpedanz unter Lastanstiegs- und Lastunterbruchzuständen gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

- Fig. 11 eine Summe der Komponenten der Harmonischen unter Lastanstiegs- und Lastunterbruchzuständen gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 12 einen Zustandswert und Signale S und T unter Lastanstiegs- und Lastunterbruchzuständen gemäss einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 13 einen Weg der Scheinimpedanz in einem Starklastzustand gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 14 eine Summe der Komponenten der Harmonischen in einem Starklastzustand gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 15 einen Zustandswert und Signale S und T in einem Starklastzustand gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 16 eine Blockdarstellung eines Fehlerdetektionsverfahrens der vorliegenden Erfindung ist; und
- Fig. 17 einen Zustandsübergang eines Eintrittsbestätigungssignals und eines kritischen Bestätigungssignals zeigt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0019] Nachfolgend soll eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezug auf die zugehörigen Zeichnungen beschrieben werden. In der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen werden dieselben Bezugszeichen verwendet, um dieselben oder vergleichbare Komponenten zu bezeichnen, so dass eine Wiederholung der Beschreibung von gleichen oder vergleichbaren Komponenten vermieden wird.

[0020] Fig. 1 zeigt einen Weg der Scheinimpedanz in einer Impedanzebene eines herkömmlichen Distanzrelais. Wie in Fig. 1 gezeigt, ist die Scheinimpedanz ausserhalb einer Zone lokalisiert, wenn auf der Übertragungsleitung kein Fehler auftritt. Die Scheinimpedanz tritt jedoch in die Zone ein, wenn der Fehler auf der Übertragungsleitung auftritt. Das herkömmliche Verfahren detektiert den Fehler unter Ausnutzung des Eintritts der Scheinimpedanz in die Zone.

[0021] Die Scheinimpedanz nähert sich einem Anfangspunkt, wenn die Entfernung zwischen einem Fehlerort und einem Konvergenzort der Scheinimpedanz verkürzt wird. Da der Abstand zwischen dem Anfangspunkt und dem Konvergenzort der Scheinimpedanz proportional zur Entfernung zwischen dem Fehlerort und dem Konvergenzort der Scheinimpedanz ist, kann eine Zeit zur Betätigung eines Schutzschalters in Abhängigkeit von dem Fehlerort durch Unterteilung der Zone auf der Basis des Anfangspunktes eingestellt werden.

[0022] Gemäss einem derzeit verwendeten Distanzrelais ist die Zone in Zonen 1 bis 3 unterteilt, und es wird darauf eine Verzögerungszeit von 0, 0,2 und 2 Sekunden angewendet.

[0023] Fig. 2 zeigt einen Weg der Scheinimpedanz gemäss einem Zustand eines elektrischen Stromversorgungssystems nach dem Stand der Technik. In Fig. 2 gezeigte gestrichelte Linien stellen die Veränderung der Scheinimpedanz aufgrund einer Zunahme oder Abnahme der Last in einem eingeschwungenen Zustand dar, in welchem die Scheinimpedanz graduell verändert wird. Zusätzlich stellen in Fig. 2 gezeigte durchgezogene Linien die Veränderung der Scheinimpedanz aufgrund eines Fehlers, der Beseitigung eines Fehlers, und einer Lastunterbrechung in einem Übergangszustand dar, in welchem die Scheinimpedanz erheblich verändert wird.

[0024] Da die grossen Komponenten der Harmonischen während des Übergangszustands erzeugt werden, ist es möglich, den Übergangszustand durch Detektion der Komponenten der Harmonischen zu bestimmen.

[0025] Fig. 3 zeigt in einer Blockdarstellung ein Fehlerdetektionsverfahren gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, in welchem Strom und Spannung über einen Potentialtransformator und einen Stromtransformator einer Übertragungsleitung eingespeist werden.

[0026] In einem Block «Fehlerdetektion mittels Zustandscharakteristik im eingeschwungenen Zustand» wird durch Detektion der Scheinimpedanz und der Zone ein Eintrittsbestätigungssignal S erzeugt, welches ein Logiksignal ist, das anzeigt, ob die Scheinimpedanz in die Zone eingetreten ist, oder nicht. Das heisst, wenn die Scheinimpedanz in die Zone eintritt, wird ein Signal «1» abgegeben. Andernfalls wird ein Signal «0» abgegeben.

[0027] Im Block «Fehlerdetektion mittels Übergangszustandscharakteristik» wird eine Summe der Komponenten der Harmonischen auf der Basis der folgenden Gleichungen berechnet:

[0028] [Gleichung 1]

$$\begin{aligned}
 X(n) &= \sum_{k=0}^{N-1} x_k W_N^{nk} && (n = 0, 1, 2, \dots, N-1) \\
 &= \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N-1} x_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right)
 \end{aligned}$$

In der obigen Gleichung 1, $W_N = e^{-j(2\pi/N)}$, $x_k = x[t-(N-1)+k]$, $X(n)$ sind Komponenten der Harmonischen.

[0029] [Gleichung 2]

$$H_{sum} = \sum_{k=2}^{N/2} |X(k)|$$

[0030] In der obigen Gleichung 2 ist H_{sum} eine Summe der Komponenten der Harmonischen.

[0031] Zusätzlich wird ein kritisches Bestätigungssignal T ausgegeben, welches ein Logiksignal ist, das anzeigt, ob die Summe der Komponenten der Harmonischen einen kritischen Wert überschreitet, oder nicht. Das heisst, wenn die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert überschreitet, wird ein Signal «1» abgegeben. Andernfalls wird ein Signal «0» abgegeben.

[0032] In einen Block «Fehlerdetektion» werden die Logiksignale einschliesslich des Eintrittsbestätigungssignals S und des kritischen Bestätigungssignals T als Eingangsparameter eines Zustandsübergangsdiagramms (siehe Fig. 4) verwendet, und ein Ausgangswert des Zustandsübergangsdiagramms wird als ein Fehlerdetektions-Ausgangssignal abgegeben.

[0033] Fig. 4 ist ein Zustandsübergangsdiagramm für die Detektion des Fehlers unter Verwendung der Signale S und T gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Gemäss Fig. 4 wird der Fehler auf der Basis des Eintrittsbestätigungssignals S und des kritischen Bestätigungssignals T detektiert, welche im Block «Fehlerdetektion» aus Fig. 3 benutzt werden.

[0034] Der Zustandsübergang tritt durch das Eintrittsbestätigungssignal S auf, welches ein Fehlerdetektionssignal ist, das eine Zustandscharakteristik des eingeschungenen Zustands und das kritische Bestätigungssignal T verwendet, welches seinerseits ein Fehlerdetektionssignal ist, das eine Übergangszustandscharakteristik verwendet.

[0035] Die Tabelle 1 zeigt den Zustandsübergang, wenn der Fehler auftritt oder die Last wächst.

Tabelle 1

[0036]

	Fall	Zustandsübergang
1	Fehler → korrigiere den Fehler nicht für 2 Sekunden	[1] - [2] - [3] - [9]
2	Fehler → beseitige den Fehler mittels Hauptschutz	[1] - [2] - [3] - [4] - [1] [1] - [2] - [3] - [1]
3	Lastzuwachs → Lastverringering	[1] - [5] - [1]
4	Lastzuwachs → Lastunterbrechung	[1] - [5] - [6] - [8] - [1]
5	Lastzuwachs → Fehler tritt auf	[1] - [5] - [6] - [8] - [3] - [9]
6	Lastunterbrechung	[1] - [2] - [1]
..	

[0037] In Tabelle 1 ist ein Anfangszustand [1]. Der Anfangszustand [1] variiert in Abhängigkeit von dem Eintrittsbestätigungssignal S und dem kritischen Bestätigungssignal T aus Fig. 3. Wenn der Fehlerzustand [3] für eine vorbestimmte Zeit aufrechterhalten wird, wird der Zustand in einen Schutzschalterauslösezustand [9] verschoben, um ein Auslösesignal abzugeben.

[0038] Die obige Tabelle 1 stellt die in Fig. 4 gezeigte Veränderlichkeit der Zustandswerte in Abhängigkeit von den im System auftretenden Fällen dar.

[0039] Wenn ein Fehler auftritt, wird der Zustand in den Fehlerzustand [3] verschoben, wobei der Fehler bestimmt wird. Wenn der Fehlerzustand [3] für 2 Sekunden aufrechterhalten wird, wird der Zustand in den Schutzschalterauslösezustand [9] verschoben, wobei ein Schutzschalterauslösesignal abgegeben wird. Tritt jedoch anstelle des Fehlers eine Lastunterbrechung auf, wird der Zustand in den Lastunterbrechungszustand [5] verschoben, wobei kein Fehler bestimmt wird.

[0040] Fig. 5 ist ein Graph, der die Veränderung der Signale S und T in Abhängigkeit von Zuständen des Systems gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. In Fig. 5 stellt (a) eine Veränderung der Signale S und T vom «Fehler», zur «Fehlerbeseitigung» dar, (b) stellt eine Veränderung der Signale S und T von der «Lastzunahme» zur «Lastabnahme» dar, (c) stellt eine Veränderung der Signale S und T von der «Lastzunahme» zur «Lastunterbrechung» dar, und (d) stellt eine Veränderung der Signale S und T von der «Lastzunahme» zum «Fehler» dar.

[0041] Bezug nehmend auf (b), (c) und (d) aus Fig. 5, wenn aufgrund einer Zunahme der Last die Lastunterbrechung auftritt, wird das Eintrittsbestätigungssignal S auch abgegeben, wenn der Fehler nicht auftritt; daher ist es schwierig, den

Fehler nur mittels des Eintrittsbestätigungssignals genau zu detektieren. Wenn jedoch das kritische Bestätigungssignal T zusammen mit dem Eintrittsbestätigungssignal S verwendet wird, wird der Fehler genau detektiert.

[0042] Fig. 6 zeigt das System an beiden Enden von drei 154-kV-Sammelschienen gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei die Last an jede Sammelschiene angeschlossen ist und ein Relais an eine erste Sammelschiene angeschlossen ist. Zusätzlich wird Algorithmus der vorliegenden Erfindung eingesetzt unter den Bedingungen, dass ein 3-Phasen-Fehler in einer Leitung zwischen einer zweiten Sammelschiene und einer dritten Sammelschiene entsprechend einer dritten Zone auftritt, die an der zweiten Sammelschiene anliegende Last zunimmt, und die Lastunterbrechung auftritt.

[0043] Fig. 7 zeigt einen Weg der Scheinimpedanz gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wenn ein 3-Phasen-Fehler auftritt. Wenn der 3-Phasen-Fehler zwischen der zweiten Sammelschiene und der dritten Sammelschiene der Fig. 6 auftritt, tritt die Scheinimpedanz des Relais in die Zone ein und es wird ein Eintrittsbestätigungssignal S von «1» abgegeben.

[0044] Fig. 8 zeigt eine Summe von harmonischen Komponenten des Stromes gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wenn ein 3-Phasen-Fehler auftritt. Wenn der 3-Phasen-Fehler zwischen der zweiten Sammelschiene und der dritten Sammelschiene der Fig. 6 auftritt, übersteigt die Summe der Komponenten der Harmonischen des Stromes im Relais einen kritischen Wert und das kritische Bestätigungssignal T von «1» wird abgegeben.

[0045] Fig. 9 zeigt einen Zustandswert und Signale S und T gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wenn der 3-Phasen-Fehler auftritt. Wenn der 3-Phasen-Fehler zwischen der zweiten Sammelschiene und der dritten Sammelschiene auftritt, wird der Zustand in der Folge von [1] - [2] - [3] verschoben, und wird schliesslich in den Schutzschalterauslösezustand [9] verschoben.

[0046] Fig. 10 zeigt den Weg der Scheinimpedanz unter Lastzunahme- und Lastunterbrechungszuständen gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wenn die an der zweiten Sammelschiene anliegende Last erhöht wird, wird die Scheinimpedanz des Relais graduell verringert und tritt in die Zone ein. Zu diesem Zeitpunkt wird ein Eintrittsbestätigungssignal S von «1» abgegeben. Zusätzlich nimmt die Scheinimpedanz, wenn die Last abgeschaltet wird, plötzlich zu, so dass die Scheinimpedanz ausserhalb der Zone ist. Zu diesem Zeitpunkt wird ein Eintrittsbestätigungssignal von «0» abgegeben.

[0047] Fig. 11 zeigt eine Summe der Komponenten der Harmonischen unter Lastzunahme- und Lastunterbrechungszuständen gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wenn die an der zweiten Sammelschiene anliegende Last erhöht wird, ist die Summe der Komponenten der Harmonischen des Stromes im Relais im Wesentlichen Null; das kritische Bestätigungssignal T wird daher auf «0» gehalten. Im Lastunterbrechungszustand jedoch übersteigt die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert, so dass das kritische Bestätigungssignal T von «1» abgegeben wird.

[0048] Fig. 12 zeigt einen Zustandswert und Signale S und T unter Lastzunahme- und Lastunterbrechungszuständen gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wenn die an der zweiten Sammelschiene anliegende Last erhöht wird, ist das Eintrittsbestätigungssignal S «1» und das kritische Bestätigungssignal T ist «0». Daher tritt ein Zustandsübergang von [1] - [5] auf. Im Lastunterbrechungszustand wird der Zustand in der Folge von [5] - [6] - [8] - [7] - [1] verschoben und kehrt zum Anfangszustand zurück. Daher wird das Relais an einer Fehlfunktion aufgrund der Lastunterbrechung gehindert.

[0049] Fig. 13 zeigt einen Weg der Scheinimpedanz in einem Starklastzustand gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wenn die an der zweiten Sammelschiene anliegende Last erhöht wird, wird die Scheinimpedanz des Relais graduell verringert und tritt in die Zone ein. Zu diesem Zeitpunkt wird ein Eintrittsbestätigungssignal S von «1» abgegeben. Zusätzlich wird, wenn der Fehler auftritt, das Eintrittsbestätigungssignal auf «1» gehalten.

[0050] Fig. 14 zeigt eine Summe der Komponenten der Harmonischen in einem Starklastzustand gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wenn die an der zweiten Sammelschiene anliegende Last erhöht wird, ist die Summe der Komponenten der Harmonischen des Stromes im Relais im Wesentlichen Null; das kritische Bestätigungssignal T wird daher auf «0» gehalten. Die Summe der Komponenten der Harmonischen übersteigt jedoch, wenn der Fehler auftritt, den kritischen Wert, so dass das kritische Bestätigungssignal T von «1» abgegeben wird.

[0051] Fig. 15 zeigt einen Zustandswert und Signale S und T in einem Starklastzustand gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wenn die an der zweiten Sammelschiene anliegende Last erhöht wird, ist das Eintrittsbestätigungssignal S «1» und das kritische Bestätigungssignal T ist «0». Daher tritt der Zustandsübergang von [1] - [5] auf. Zu diesem Zeitpunkt wird der Zustand, wenn der Fehler auftritt, in der Folge von [5] - [6] - [8] - [3] verschoben und wird schliesslich in den Schutzschalterauslösezustand [9] verschoben.

[0052] Entsprechend wird das Relais an einer Fehlfunktion gehindert, selbst wenn die Last erhöht wird, und es ist möglich, den Fehler unter dem Starklastzustand genau zu detektieren.

[0053] Fig. 16 ist eine Blockdarstellung eines Fehlerdetektionsverfahrens der vorliegenden Erfindung. Bezugnehmend auf die Fig. 16 schliesst das Fehlerdetektionsverfahren der vorliegenden Erfindung einen Schritt zur Erzeugung eines Eintrittsbestätigungssignals und eines kritischen Bestätigungssignals, einen Zustandsübergangsschritt des Eintrittsbestä-

tigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals, und einen Bestimmungsschritt ein. Im Schritt zur Erzeugung des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals wird das Eintrittsbestätigungssignal S, das ein Logiksignal ist, welches angibt, ob die Scheinimpedanz in die Zone eintritt oder nicht, von einer Übertragungsleitung abgegeben, wobei Spannung und Strom eines elektrischen Stromversorgungssystems verwendet werden, und die Summe der Komponenten der Harmonischen der Übertragungsleitung berechnet wird, um das kritische Bestätigungssignal T auszugeben, welches ein Logiksignal ist, das angibt, ob die Summe der Komponenten der Harmonischen einen vorbestimmten kritischen Wert überschritten hat oder nicht. Im Zustandsübergangsschritt des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals werden das Eintrittsbestätigungssignal S und das kritische Bestätigungssignal T als Eingangsparameter für ein Zustandsübergangsdiagramm benutzt, und es wird im Zustandsübergangsdiagramm ein Zustandsübergang erzeugt, der von der Veränderung des Eintrittsbestätigungssignals S und des kritischen Bestätigungssignals T abhängt. Im Bestimmungsschritt wird der Zustand des elektrischen Stromversorgungssystems angenommen unter Verwendung des Zustandswertes gemäss dem Eintrittsbestätigungssignal S und dem kritischen Bestätigungssignal T des Zustandsübergangsdiagramms, wobei «Fehler», «Nicht-Fehler» oder «Lastunterbrechung» bestimmt wird.

[0054] Fig. 17 ist ein Flussdiagramm, das einen Zustandsübergang des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals zeigt. Im Anfangszustand (S1), wenn das Eintrittsbestätigungssignal S (nachfolgend als Signal S bezeichnet) und das kritische Bestätigungssignal (nachfolgend als Signal T bezeichnet) der Fig. 16 nicht verändert werden (S11), wird der vorliegende Zustand beibehalten. Wenn nur das Signal S in «1» verändert wird (S12), d.h., wenn die Scheinimpedanz in die dritte Zone eintritt, wird der Zustand in den Lastunterbrechungszustand verschoben (S5). Zusätzlich wird der Zustand in den Fehlerfortsetzungszustand verschoben (S2), wenn das Signal T unabhängig vom Signal S in Schritt 12 nach «1» verschoben wird, d.h., wenn die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt.

[0055] Nachdem der Zustand in den Fehlerfortsetzungszustand verschoben worden ist (S2), wird der vorliegende Zustand, wenn das Signal S und das Signal T sich nicht verändern (S21), beibehalten. Zusätzlich wird der Zustand in den Anfangszustand verschoben, wenn das Signal S und das Signal T sich nach «0,0» verändern (S22), d.h., in einem Fall, wo die Scheinimpedanz nicht in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen nicht den kritischen Wert übersteigt. Wenn das Signal S unabhängig vom Signal T nach «1» verschoben wird, d.h., wenn die Scheinimpedanz in die dritte Zone eintritt, wird der Zustand in den Fehlerzustand verschoben (S3).

[0056] Wenn aufgrund des Betriebes eines Zeitgliedes nach der Verschiebung des Zustandes in den Fehlerzustand (S3) eine Verzögerung um eine vorbestimmte Zeit stattfindet (S31), wird der Zustand in einen Schutzschalterauslösezustand (S9) für die Auslösung eines Schutzschalters verschoben. Wenn die Zeitverzögerung nicht auftritt, und wenn das Signal S und das Signal T sich nicht verändern (S32), wird der vorliegende Zustand beibehalten. Jedoch wird in einem Zustand, in dem sich das Signal S nicht verändert, der Zustand in den Anfangszustand verschoben (S1), wenn das Signal T sich nicht verändert oder in «1» verändert (S33), d.h., wenn die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt. Zusätzlich wird der Zustand in den Fehlerbeseitigungszustand verschoben (S4), wenn das Signal S und das Signal T in Schritt 33 in «1,1» verändert werden, d.h., wenn die Scheinimpedanz in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt.

[0057] Nachdem der Zustand in den Fehlerbeseitigungszustand (S4) verschoben worden ist, wird der vorliegende Zustand beibehalten, wenn keine Veränderungen im Signal T und im Signal S vorliegen (S41). Der Zustand wird jedoch in den Anfangszustand verschoben, wenn das Signal S und das Signal T sich zu «0,0» verändern (S42), d.h., wenn die Scheinimpedanz nicht in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen nicht den kritischen Wert übersteigt. Zusätzlich wird der Zustand in den Fehlerzustand verschoben (S3), wenn das Signal S und das Signal T sich nach «1,0» verändern, d.h., wenn die Scheinimpedanz in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen nicht den kritischen Wert übersteigt.

[0058] Zusätzlich wird, wenn der Zustand in den Lastunterbrechungszustand verschoben worden ist (S5), der vorliegende Zustand beibehalten, sofern keine Veränderungen in dem Signal S und dem Signal T vorliegen (S51). Der Zustand wird jedoch in den Anfangszustand verschoben (S1), wenn das Signal S und das Signal T nach «0,0» oder «0,1» verändert werden, d.h., wenn die Scheinimpedanz nicht in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen nicht den kritischen Wert übersteigt, oder wenn die Scheinimpedanz nicht in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt. Zusätzlich wird der Zustand in den primären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand verschoben (S6), wenn das Signal S und das Signal T in Schritt 52 in «1,1» verändert werden, d.h., wenn die Scheinimpedanz in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt.

[0059] Nachdem der Zustand in den primären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand verschoben worden ist (S6), wird der vorliegende Zustand aufrechterhalten, wenn keine Veränderungen im Signal S und im Signal T vorliegen (S61). Der Zustand wird jedoch in den Anfangszustand verschoben, wenn das Signal S und das Signal T nach «0,0» verändert werden, d.h., wenn die Scheinimpedanz nicht in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen nicht den kritischen Wert übersteigt. Zusätzlich wird der Zustand in den Lastunterbrechungsfortsetzungszustand (S7) verschoben, wenn das Signal S und das Signal T nach «0,1» verändert werden (S63), d.h., wenn die Scheinimpedanz nicht in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt. Wenn das Signal S und das Signal T nach «1,0» verändert werden, d.h., wenn die Scheinimpedanz in die dritte Zone eintritt und die

Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert nicht übersteigt, wird der Zustand in einen sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand verschoben (S8).

[0060] Wenn aufgrund des Betriebes eines Zeitgliedes eine Verzögerung um eine vorbestimmte Zeit stattfindet (S81), nachdem der Zustand in den sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand verschoben worden ist (S8), wird der Zustand in den Fehlerzustand verschoben (S3). Zusätzlich wird der vorliegende Zustand beibehalten, wenn das Signal S und das Signal T in Schritt 82 nach «1,0» oder «1,1» verändert werden, d.h., wenn die Scheinimpedanz in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen nicht den kritischen Wert übersteigt, oder wenn die Scheinimpedanz in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt. Wenn das Signal S und das Signal T in Schritt 82 nach «1,0» oder «1,1» verändert werden, d.h., wenn die Scheinimpedanz nicht in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen nicht den kritischen Wert übersteigt, wird der Zustand in den sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand verschoben (S8). Andernfalls wird der Zustand in den Anfangszustand zurückgesetzt (S1).

[0061] Zusätzlich wird, nachdem der Zustand in den Lastunterbrechungsfortsetzungszustand verschoben worden ist (S7), der vorliegende Zustand aufrechterhalten, wenn keine Veränderungen im Signal S und im Signal T vorliegen (S72). Wenn das Signal S und das Signal T nach «0,0» verändert werden, d.h., wenn die Scheinimpedanz nicht in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen nicht den kritischen Wert übersteigt, wird der Zustand in den Anfangszustand verschoben (S1). Wenn nur das Signal S in Schritt 72 nach «0» verändert wird, d.h., wenn die Scheinimpedanz nicht in die dritte Zone eintritt, wird der Zustand in den Fehlerfortsetzungszustand verschoben (S2).

[0062] Wie oben beschrieben worden ist, wird gemäss dem Verfahren zur Detektion des Fehlers auf der Übertragungsleitung unter Verwendung der Harmonischen und des Zustandsübergangsdiagramms der Zustand des elektrischen Stromversorgungssystems unter Einsatz der Harmonischen und der Scheinimpedanz angenommen, wobei der Fehler auf der Übertragungsleitung detektiert wird. Daher wird das Distanzrelais an einer Fehlfunktion gehindert, so dass ein zuverlässiger Betrieb des Distanzrelais sichergestellt ist.

[0063] Zusätzlich ist es gemäss der vorliegenden Erfindung möglich, den Zustandsübergang des vorliegenden Systems zusätzlich zu dem Fehler der Übertragungsleitung anzunehmen, indem das Zustandsübergangsdiagramm eingesetzt wird. Insbesondere kann das Verfahren der vorliegenden Erfindung, da die vorliegende Erfindung Harmonische benutzt, die ein Vielfaches der Grundfrequenz sind, leicht durch eine Änderung der Software und ohne Änderung der Hardware verwirklicht werden.

[0064] Obgleich eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zu Zwecken der Erläuterung beschrieben worden ist, wird der Fachmann begrüssen, dass zahllose Modifikationen, Zusätze und Ersatzlösungen möglich sind, ohne dass der Rahmen und Geist der Erfindung, wie sie in den beiliegenden Ansprüchen offenbart sind, verlassen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion eines Fehlers auf einer Übertragungsleitung unter Verwendung der Harmonischen und eines Zustandsübergangsdiagramms, welches Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
 - i) Erzeugen eines Eintrittsbestätigungssignals und eines kritischen Bestätigungssignals, wobei das Eintrittsbestätigungssignal, welches anzeigt, ob ein Weg der Scheinimpedanz in eine Zone eintritt, oder nicht, von einer Übertragungsleitung unter Verwendung von Spannung und Strom eines elektrischen Stromversorgungssystems abgegeben wird, und wobei eine Summe von Komponenten der Harmonischen der Übertragungsleitung berechnet wird, um das kritische Bestätigungssignal abzugeben, welches anzeigt, ob die Summe der Komponenten der Harmonischen einen vorbestimmten kritischen Wert übersteigt;
 - ii) Anwenden des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals auf ein Zustandsübergangsdiagramm, um einen Zustandsübergang in Abhängigkeit von der Veränderung des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals zu machen; und
 - iii) Annehmen eines Zustands des elektrischen Stromversorgungssystems durch Analysieren des Zustandsübergangs im Zustandsübergangsdiagramm gemäss der Veränderung des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals, wobei ein Fehler-, ein Nicht-Fehler-Zustand und ein Lastunterbrechungszustand bestimmt werden, in welchem die Scheinimpedanz aufgrund einer Zunahme der Last in die Zone eintritt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das kritische Bestätigungssignal nach Massgabe der folgenden Gleichungen berechnet wird:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{sum}} &= \sum_{k=2}^{N/2} |X(k)| \\
 X(n) &= \sum_{k=0}^{N/2-1} x_k W_N^{nk} \\
 &= \sum_{k=0}^{N/2-1} x_k \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N/2-1} x_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) \quad (n = 0, 1, 2, \dots, N-1)
 \end{aligned}$$

wobei $W_N = e^{-j(2\pi/N)}$, $x_k = x[t-(N-1)+k]$, $X(n)$ ist eine Komponente der Harmonischen, und H_{sum} ist eine Summe der Komponenten der Harmonischen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt ii) die folgenden Teilschritte einschliesst:
 - a) Verschieben in einen Lastunterbrechungszustand, wenn die Scheinimpedanz in eine dritte Zone eintritt, sobald die Last im Vergleich zu einem Eingangswert des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einem Anfangszustand zunimmt, und Verschieben in einen Fehlerfortsetzungszustand, wenn die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt;
 - b) Aufrechterhalten eines vorliegenden Zustands, wenn das Eingangsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, nachdem der Zustand in den Fehlerfortsetzungszustand verschoben worden ist, Verschieben in den Anfangszustand, wenn die Scheinimpedanz ausserhalb der dritten Zone ist oder die Summe der Komponenten der Harmonischen aufgrund einer Abnahme der Last kleiner wird als der kritische Wert, und Verschieben in einen Fehlerzustand, wenn die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt und die Scheinimpedanz aufgrund einer Zunahme der Last in die dritte Zone eintritt;
 - c) Verschieben in einen Schutzschalterauslösezustand für die Auslösung eines Schutzschalters, wenn eine Verzögerung um eine vorbestimmte Zeit stattgefunden hat, nachdem der Zustand in den Fehlerzustand verschoben worden ist, Aufrechterhalten des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, Verschieben in den Anfangszustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund der Abnahme der Last ausserhalb der dritten Zone ist, und Verschieben in den Fehlerbeseitigungszustand, wenn die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt, sobald die Last erhöht worden ist; und
 - d) Aufrechterhalten des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, nachdem der Zustand in den Fehlerbeseitigungszustand verschoben worden ist, und Verschieben in den Fehlerzustand, wenn die Scheinimpedanz in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen kleiner als der kritische Wert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, welches die folgenden zusätzlichen Teilschritte umfasst:
 - e) Aufrechterhalten des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, Verschieben in den Anfangszustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund der Abnahme der Last ausserhalb der dritten Zone ist, und Verschieben in einen primären Lastunterbrechungs- und Fehlerzustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund der Zunahme der Last in die dritte Zone eintritt und die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt;
 - f) Aufrechterhalten des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, nachdem der Zustand in den primären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand verschoben worden ist, Verschieben in den Anfangszustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund der Abnahme der Last ausserhalb der dritten Zone ist und die Summe der Komponenten der Harmonischen kleiner wird als der kritische Wert, und selektives Verschieben in den Lastunterbrechungsfortsetzungszustand oder einen sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand, wenn die Last geändert wird; und
 - g) Verschieben in den Fehlerzustand aufgrund einer Zeitverzögerung, nachdem der Zustand in den sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand verschoben worden ist, Aufrechterhalten des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, und Verschieben in den Lastunterbrechungsfortsetzungszustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund einer Abnahme der Last ausserhalb der dritten Zone ist und die Summe der Komponenten der Harmonischen den kritischen Wert übersteigt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, umfassend die zusätzlichen Teilschritte des Aufrechterhaltens des vorliegenden Zustands, wenn das Eintrittsbestätigungssignal und das kritische Bestätigungssignal nicht verändert werden, des Verschiebens in den Anfangszustand, wenn die Scheinimpedanz aufgrund der Abnahme der Last ausserhalb der dritten Zone ist und die Summe der Komponenten der Harmonischen kleiner wird als der kritische Wert, und des Verschiebens in den Fehlerfortsetzungszustand, wenn die erhöhte Last durchgehend aufrechterhalten wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei in Schritt iii), wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge vom Anfangszustand, dem Fehlerfortsetzungszustand, dem Fehlerzustand, und dem Schutzschalterauslösezustand durchgeführt wird, bestimmt wird, dass der Schutzschalter unter einer Bedingung ausgelöst wird, dass die Scheinimpedanz in die dritte Zone eines Distanzrelais eintritt, und dabei den Fehler verursacht, und der Fehler wegen einer Zeitverzögerung nicht beseitigt wird.
7. Das Verfahren nach Anspruch 5, wobei in Schritt iii), wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Fehlerfortsetzungszustand, dem Fehlerzustand, dem Fehlerbeseitigungszustand, dem Anfangszustand, oder in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Fehlerfortsetzungszustand, dem Fehlerzustand, und dem Anfangszustand, durchgeführt wird, bestimmt wird, dass der Fehler mittels des Hauptschutzes beseitigt wird unter einer Bedingung, dass die Scheinimpedanz in die dritte Zone eines Distanzrelais eintritt, wobei der Fehler auftritt.
8. Verfahren nach Anspruch 5, wobei in Schritt iii), wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Lastunterbrechungszustand, und dem Anfangszustand, durchgeführt wird, bestimmt wird, dass die Scheinimpedanz in die dritte Zone eines Distanzrelais eintritt, während die zunehmende Last ausserhalb der dritten Zone des Distanzrelais ist, so dass die Last verringert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 5, wobei in Schritt iii), wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Lastunterbrechungszustand, dem primären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand, dem sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand, und dem Anfangszustand, durchgeführt wird, bestimmt wird, dass die Last abgeschaltet wird, nachdem der Fehler auftritt in einem Zustand, in dem die Scheinimpedanz in die dritte Zone des Distanzrelais eintritt.
10. Verfahren nach Anspruch 5, wobei in Schritt iii), wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Lastunterbrechungszustand, dem primären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand, dem sekundären Lastunterbrechungs- oder Fehlerzustand, dem Fehlerzustand, und dem Schutzschalterauslösezustand, durchgeführt wird, bestimmt wird, dass der Schutzschalter ausgelöst wird unter einer Bedingung, dass die Scheinimpedanz in die dritte Zone eines Distanzrelais eintritt, und dabei die Last erhöht und den Fehler verursacht, und der Fehler aufgrund einer Zeitverzögerung nicht beseitigt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 5, wobei in Schritt iii), wenn ein Zustandsübergangsverfahren nach Massgabe des Eintrittsbestätigungssignals und des kritischen Bestätigungssignals in einer Abfolge von dem Anfangszustand, dem Fehlerfortsetzungszustand, und dem Anfangszustand, durchgeführt wird, bestimmt wird, dass die Last abgeschaltet wird, wenn der Fehler auftritt.

Fig. 1

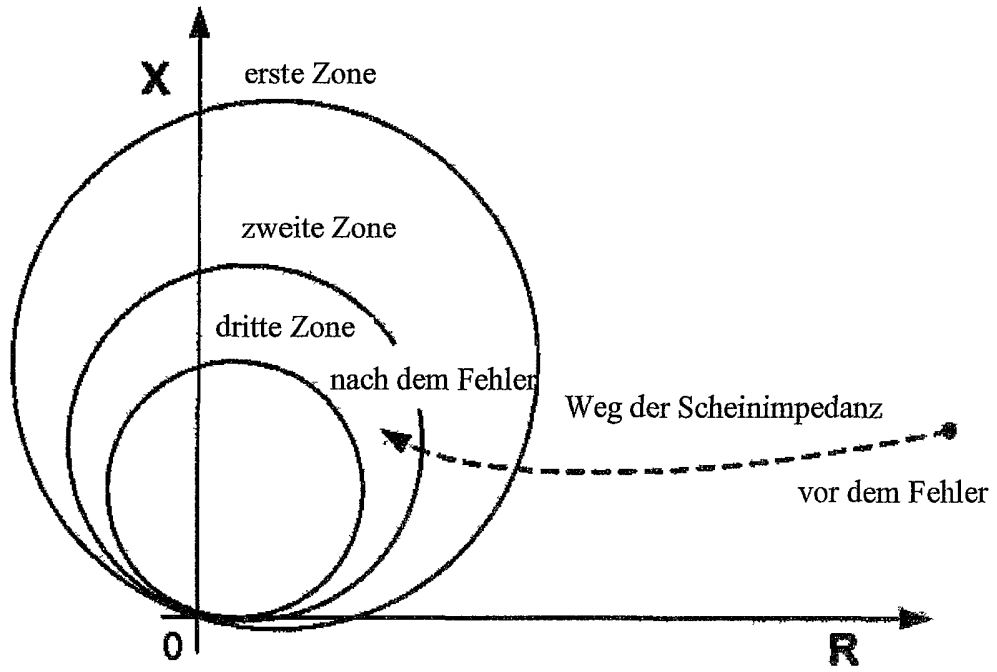


Fig. 2

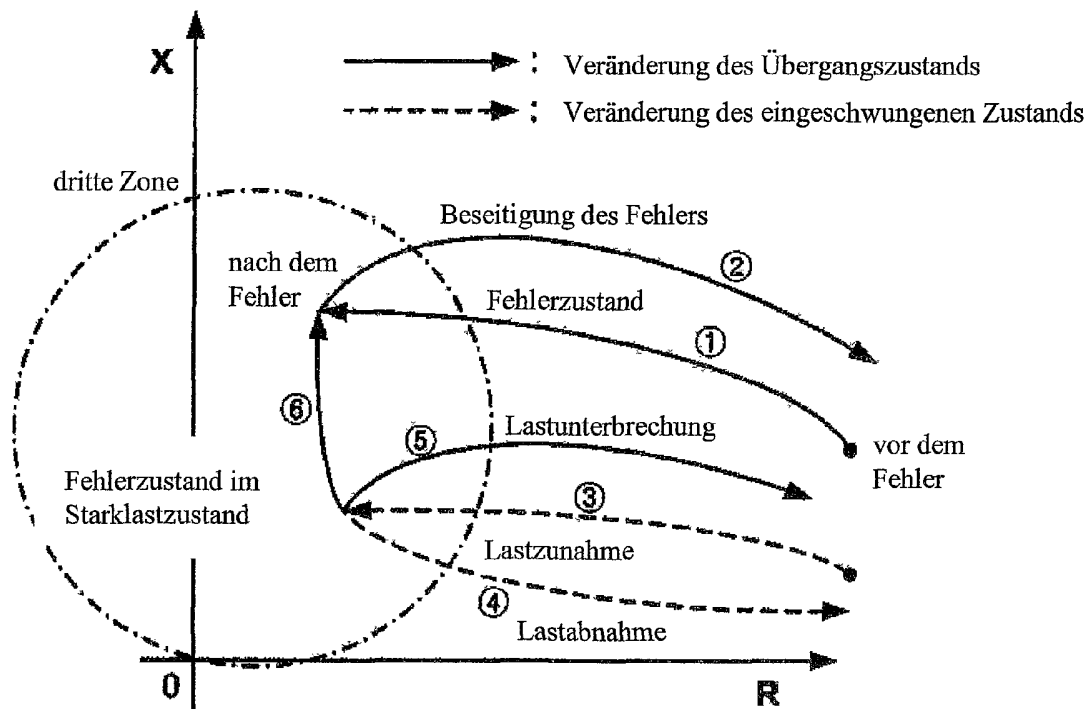


Fig. 3

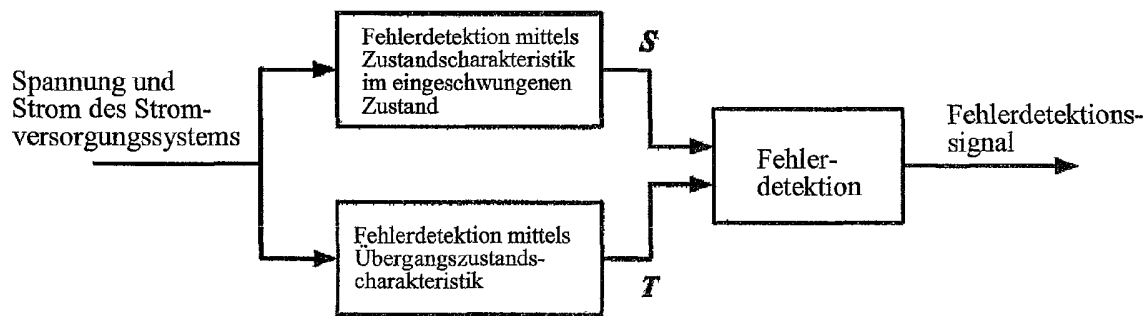


Fig. 4

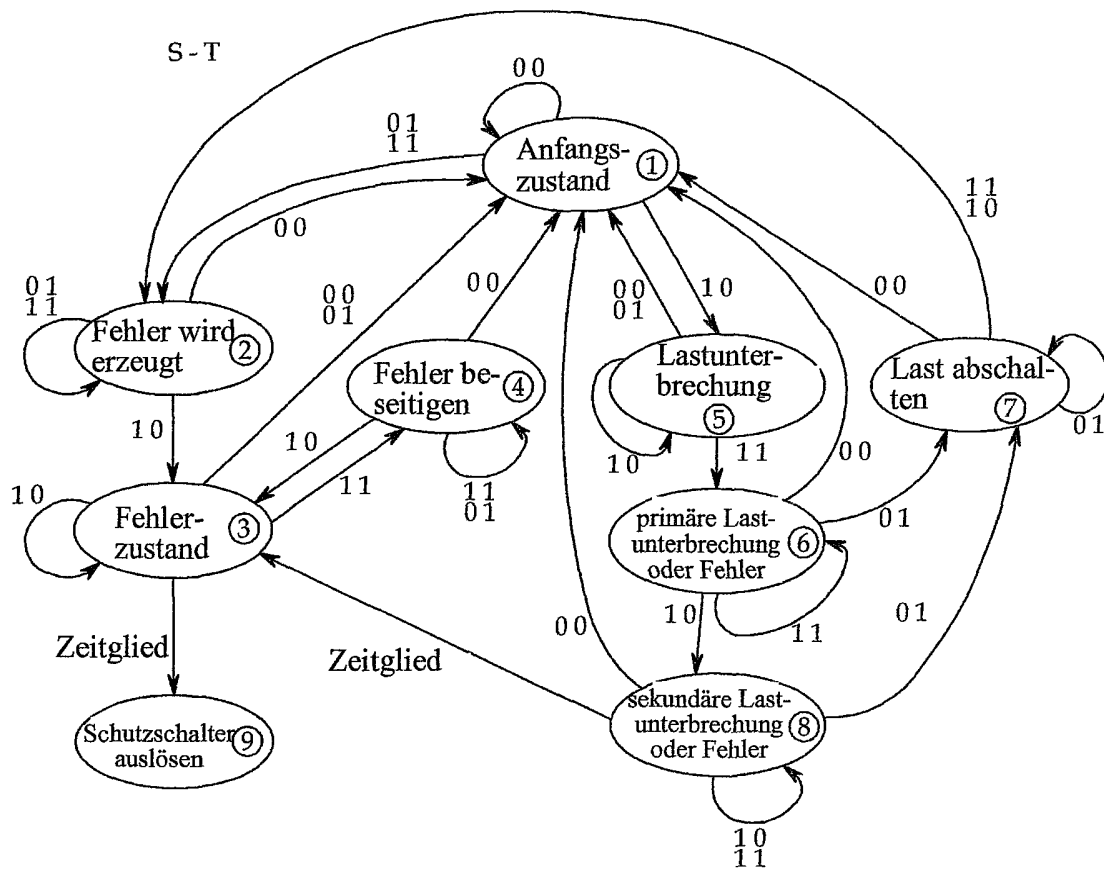


Fig. 5

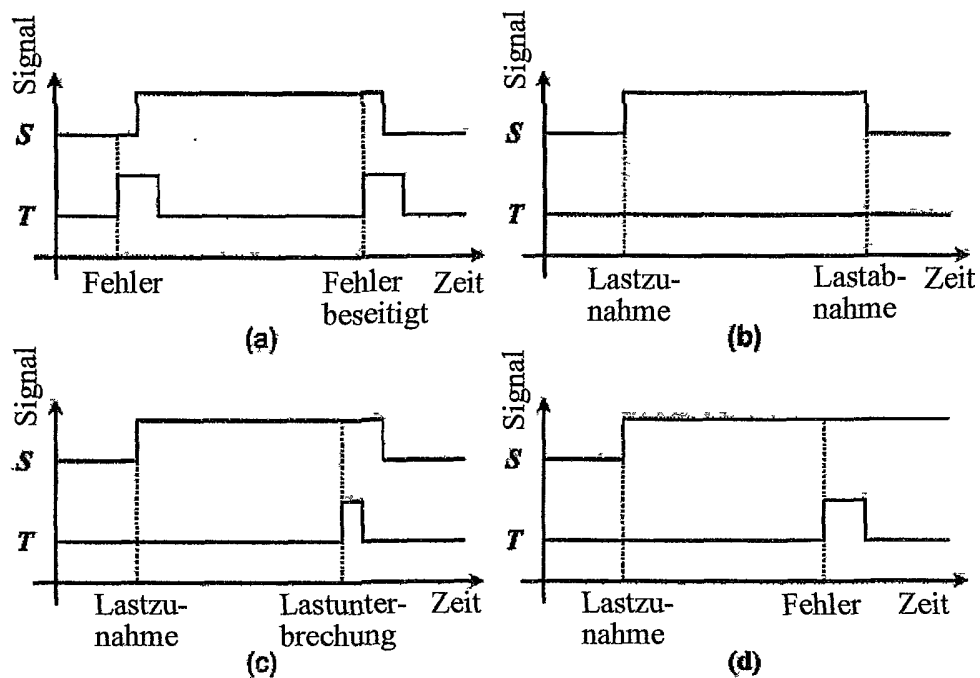


Fig. 6

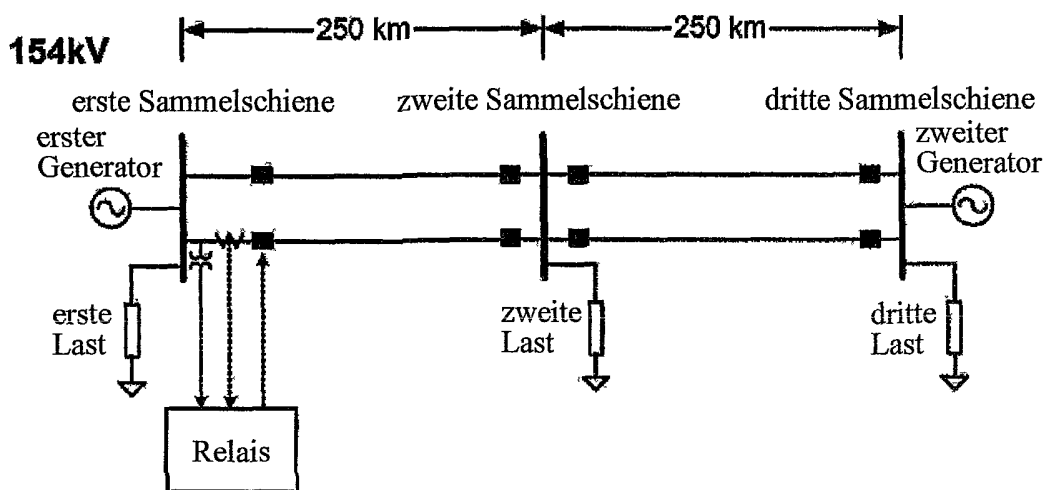


Fig. 7

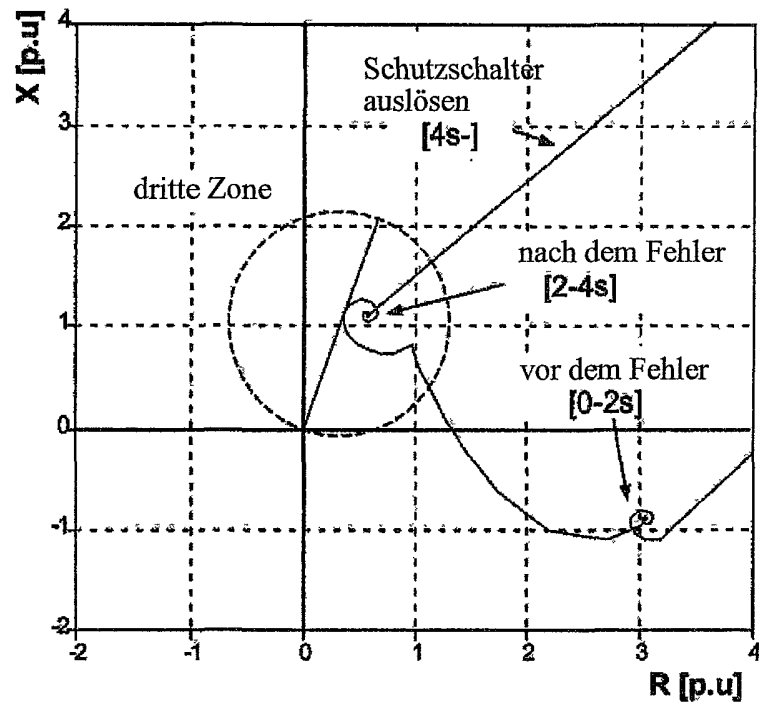


Fig. 8

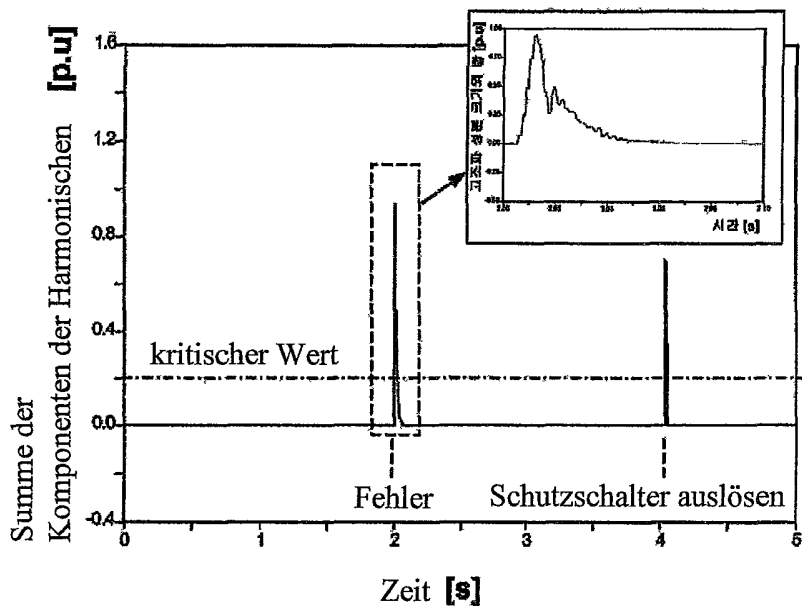


Fig. 9

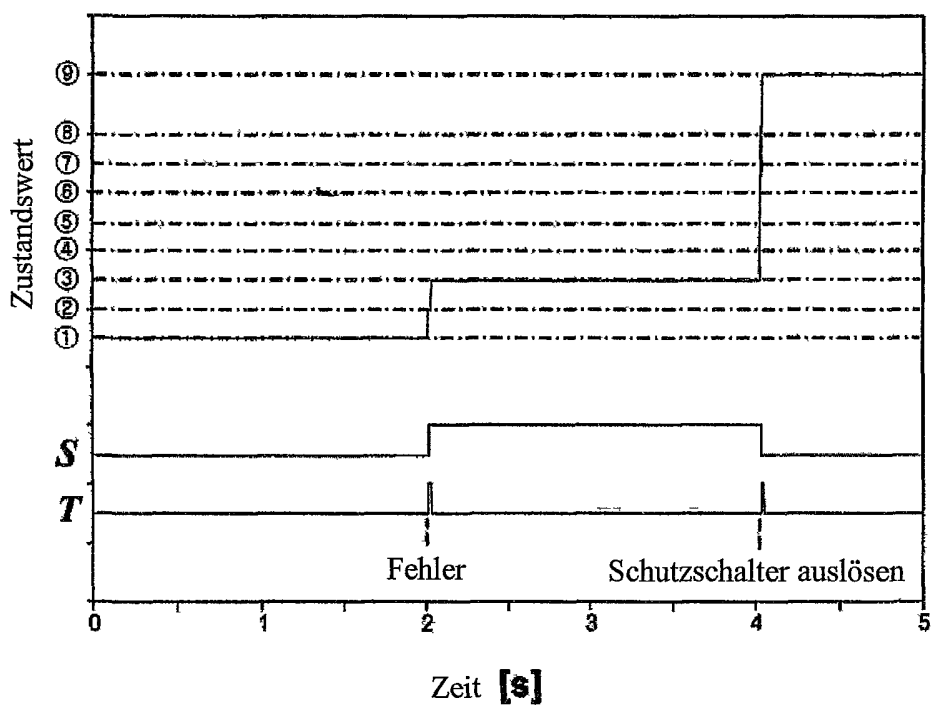


Fig. 10

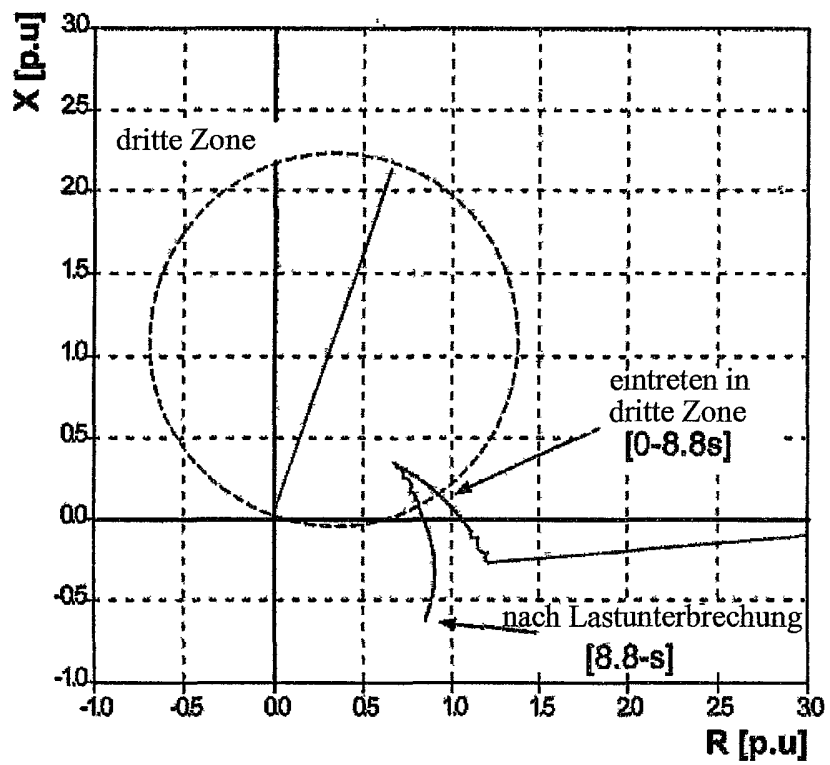


Fig. 11

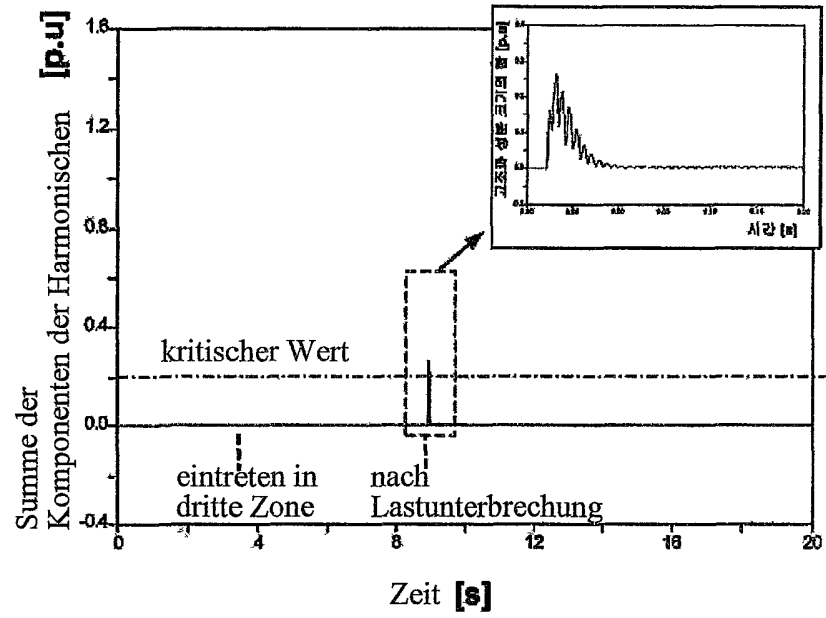


Fig. 12

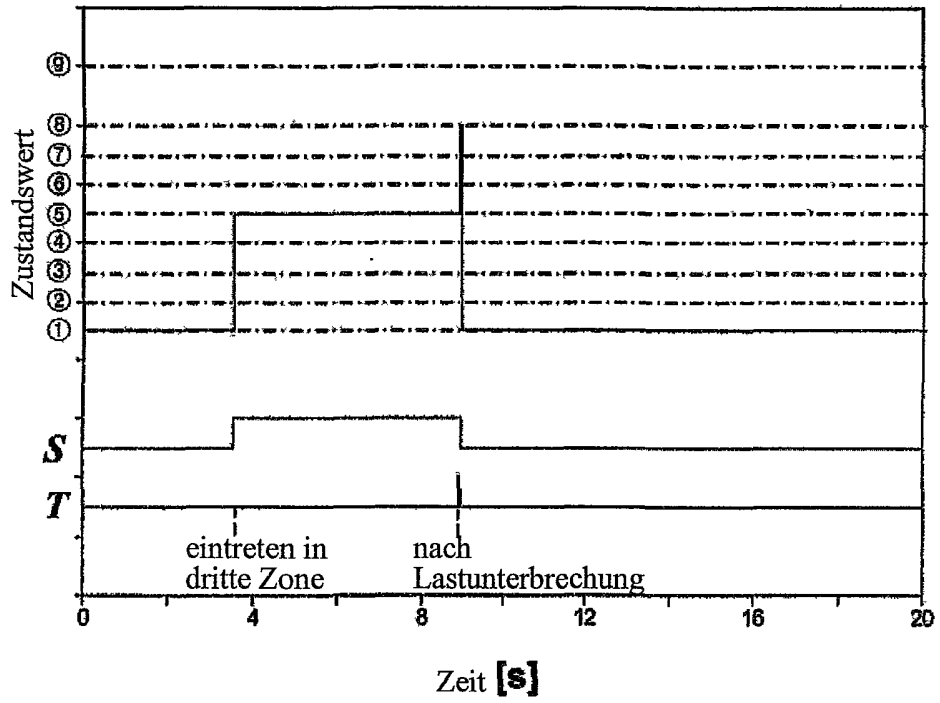


Fig. 13

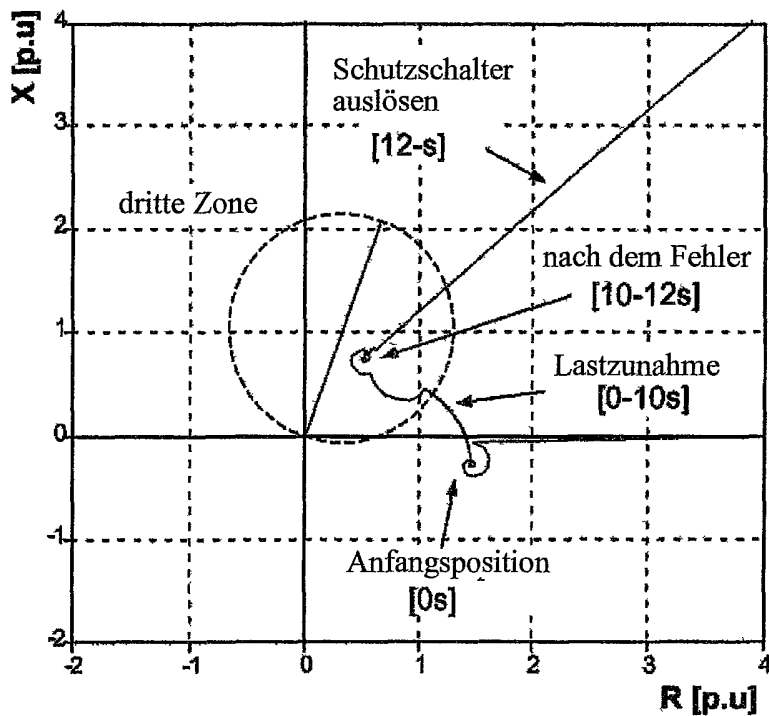


Fig. 14

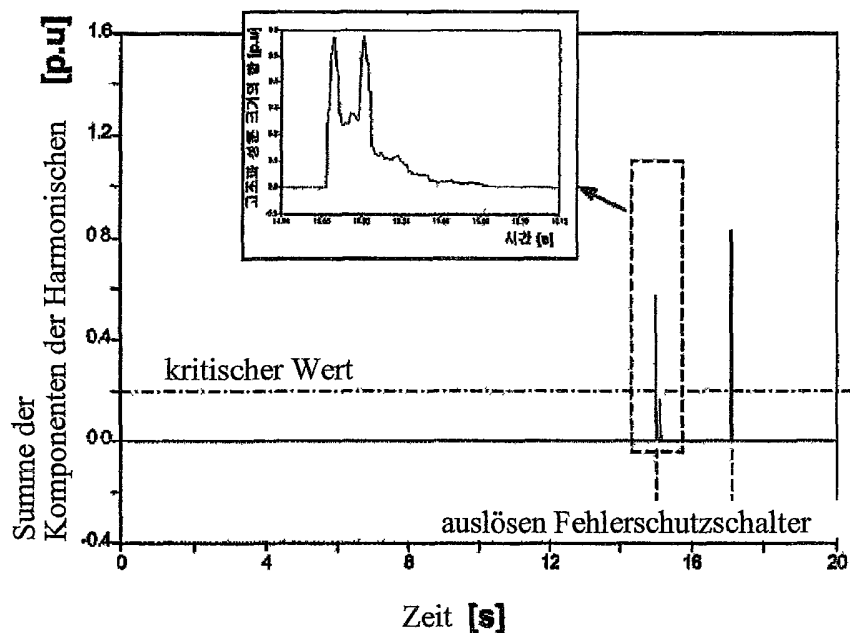


Fig. 15

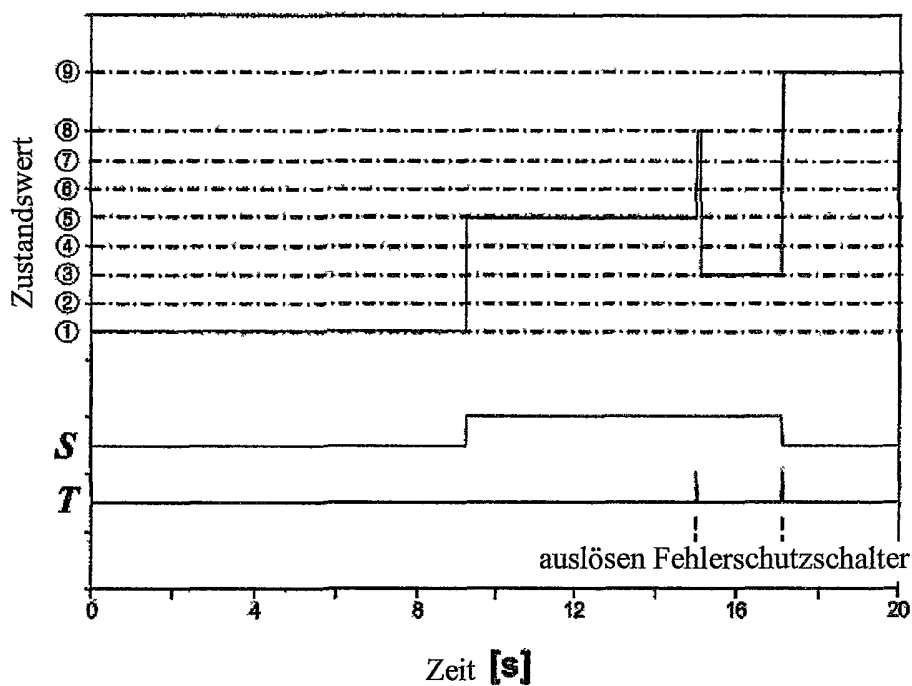


Fig. 16

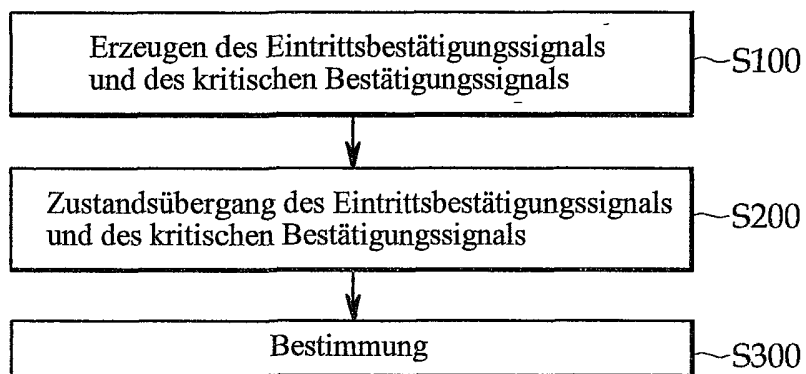


Fig. 17

