

(51) Int Cl.: **G01R 31/34** (2020.01)

(43) Offenlegungstag: **24.06.2021**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	195 37 402	A1
DE	10 2018 103 901	A1

Dittmann, Carina, 73249 Wernau, DE; Wang, Yi, 74343 Sachsenheim, DE; Mueller, Ronald, 71522 Backnang, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben eines elektrischen Generators**

[illegible]

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Offenbarung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Generators.

[0002] Die Offenbarung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Betreiben eines elektrischen Generators.

Offenbarung der Erfindung

[0003] Bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Generators, aufweisend: Ermitteln einer ersten Größe, die einen zeitlichen Verlauf einer Ausgangsspannung des Generators charakterisiert, Vergleichen der ersten Größe mit wenigstens einem vorgebbaren Muster, das mit einem Fehler des Generators assoziiert ist, wobei ein Vergleichsergebnis erhalten wird, Schließen, in Abhängigkeit des Vergleichsergebnis, insbesondere wenigstens, auf das Vorliegen oder Nichtvorliegen des Fehlers des Generators.

[0004] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass in Abhängigkeit des Vergleichsergebnis wenigstens auf das Vorliegen oder Nichtvorliegen des Fehlers des Generators geschlossen wird. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass in Abhängigkeit des Vergleichsergebnis auf weitere mögliche bzw. sich anbahnende zukünftige Fehler oder dergleichen geschlossen wird, also insbesondere auch auf andere Betriebszustände als das genannte Vorliegen bzw. Nichtvorliegen eines Fehlers des Generators.

[0005] Das Verfahren ist bevorzugt als computerimplementiertes Verfahren ausgebildet und ermöglicht vorteilhaft eine Ermittlung von Informationen über den Betrieb des Generators. Insbesondere können gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen bereits vorhandene oder zukünftig ggf. auftretende („sich anbahnende“) Fehler erkannt werden. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist eine Lokalisierung des Fehlers vorgesehen, also das Ermitteln einer Komponente des Generators, in deren Bereich der Fehler vorhanden ist.

[0006] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass der Generator einen Stator aufweist und einen relativ zu dem Stator bewegbaren, insbesondere drehbewegbaren, Rotor. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist der Rotor mittels einer Erregerschaltung elektrisch erregbar, wobei insbesondere die Erregerschaltung einen Halbleiterschalter und eine Steuerlogik für den Halbleiterschalter aufweisen kann. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen weist der Stator wenigstens eine Statorwicklung auf, wobei insbesondere der we-

nigstens einen Statorwicklung ein Gleichrichterzweig zugeordnet ist. Der Gleichrichterzweig ist beispielsweise zur Gleichrichtung einer in der Statorwicklung erzeugten elektrischen Spannung nutzbar. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen weist der Generator drei Statorwicklungen auf, wobei insbesondere jeder der drei Statorwicklungen ein Gleichrichterzweig zugeordnet ist. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen sind auch andere Konfigurationen des Generators bzw. der vorstehend beispielhaft genannten Komponenten des Generators denkbar.

[0007] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die genannte Ausgangsspannung des Generators die Klemmenspannung des Generators ist, also insbesondere diejenige Spannung, die über dem einen oder den mehreren Gleichrichterzweigen abfällt.

[0008] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die erste Größe eine Reihe, also beispielsweise eine vorgebbare Vielzahl, von Abtastwerten der Ausgangsspannung aufweist. Besonders bevorzugt repräsentiert die erste Größe somit zeitdiskrete und wertediskrete Daten, die den zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung charakterisieren. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die erste Größe beispielsweise unter Verwendung eines Analog-Digital-Wandlers erhalten werden, der die in der Regel als zeit- und wertekontinuierliche Größe vorliegende analoge Ausgangsspannung in eine entsprechende digitale Größe bzw. Datenreihe digitaler Werte transformiert.

[0009] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Vergleichen ein Vergleichen der ersten Größe mit drei oder mehr vorgebbaren, insbesondere zueinander jeweils unterschiedlichen, Mustern aufweist, wobei insbesondere jedes der drei oder mehr vorgebbaren Muster mit jeweils einem Fehler des Generators assoziiert ist.

[0010] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Ermitteln der ersten Größe aufweist: a) Erfassen eines zeitlichen Verlaufs der Ausgangsspannung des Generators (beispielsweise mittels Abtastung und/oder gleichzeitiger Analog-Digital-Wandlung), b) optional zumindest zeitweises Speichern des zeitlichen Verlaufs (vorzugsweise in digitaler, insbesondere zeitdiskreter und wertediskreter Form, insbesondere in einem Halbleiterspeicher, insbesondere Arbeitsspeicher (RAM) bzw. Pufferspeicher), c) Ausführen einer Signalverarbeitung des zeitlichen Verlaufs, wodurch insbesondere die erste Größe erhalten wird. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die genannte Signalverarbeitung insbesondere eine digitale Signalverarbeitung der als digitale Daten vorliegenden ersten Größe aufweisen.

[0011] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Ausführen der Signalverarbeitung wenigstens eines der folgenden Elemente aufweist: a) Filtern (vorzugsweise mittels eines digitalen Filters, beispielsweise eines FIR (finite impulse response)-Filters (Filter mit endlicher Impulsantwort)), insbesondere Glätten (beispielsweise mittels einer Tiefpassfilterung), des zeitlichen Verlaufs der Ausgangsspannung und/oder einer davon abgeleiteten Größe, b) Normieren des zeitlichen Verlaufs der Ausgangsspannung und/oder einer davon abgeleiteten Größe (z.B. gefilterte bzw. geglättete erste Größe) bezüglich eines Mittelwerts, c) Normieren des zeitlichen Verlaufs der Ausgangsspannung und/oder einer davon abgeleiteten Größe bezüglich einer Varianz. Die Signalverarbeitung kann bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen vorteilhaft einen unerwünschten Einfluss von Störungen bzw. Rauschen der verarbeiteten Daten, insbesondere des zeitlichen Verlaufs der Ausgangsspannung des Generators bzw. der ersten Größe vermindern. Das Normieren bezüglich des Mittelwerts bzw. bezüglich der Varianz kann bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen die verschiedenen Daten besser miteinander vergleichbar machen.

[0012] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Normieren gemäß den folgenden Gleichungen erfolgen:

$m(n) = (M(n) - \text{mean}(M(n))) / \sqrt{\text{var}(M(n))}$, wobei gilt:

$\text{mean}(M(n))$: Mittelwert von $M(n)$, $\text{var}(M(n))$: Varianz von $M(n)$, $\sqrt{\text{var}(M(n))}$: Standardabweichung von $M(n)$, $M(n)$: Vektor (z.B. ein den zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung charakterisierender Vektor) vor dem Filtern, $m(n)$: Vektor nach dem Filtern.

[0013] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Schließen aufweist: a) dann, wenn das Vergleichsergebnis anzeigt, dass die erste Größe dem wenigstens einen vorgebbaren Muster bzw. wenigstens einem, insbesondere genau einem, von mehreren vorgebbaren Mustern, entspricht, Schließen auf einen bzw. den mit dem jeweiligen Muster assoziierten Fehler, b) dann, wenn das Vergleichsergebnis anzeigt, dass die erste Größe nicht dem wenigstens einen vorgebbaren Muster bzw. keinem von mehreren vorgebbaren Mustern, entspricht, Schließen darauf, dass kein Fehler des Generators vorliegt.

[0014] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter aufweist: Ermitteln, vorzugsweise aller, lokaler Maxima der ersten Größe, wobei insbesondere die lokalen Maxima jeweils untereinander einen vorgebbaren zeitlichen Abstand aufweisen.

[0015] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist der vorgebbare zeitliche Abstand in Abhängigkeit der folgenden Gleichung ermittelbar: $Tel = 60 * (s/min) * (1 / (2 * n_{pol} * n_{phase} * n_{Gen}))$, wobei n_{pol} eine Polpaarzahl des Generators charakterisiert, wobei n_{phase} eine Anzahl der Phasen des Generators charakterisiert, wobei n_{Gen} eine Drehzahl des Generators charakterisiert, und wobei Tel eine elektrische Periode des Generators charakterisiert.

[0016] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter wenigstens eines der folgenden Elemente aufweist: a) Ermitteln eines Mittelwerts der lokalen Maxima, b) Bilden einer Binärfolge in Abhängigkeit des Mittelwerts der lokalen Maxima und der lokalen Maxima.

[0017] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Bilden der Binärfolge aufweist: Vergleichen eines lokalen Maximums mit dem Mittelwert, Zuordnen eines ersten Binärwerts, insbesondere eins („1“), wenn das lokale Maximum größer ist als der Mittelwert, Zuordnen eines von dem ersten Binärwert verschiedenen zweiten Binärwerts, insbesondere Null („0“), wenn das lokale Maximum kleiner, insbesondere kleiner gleich, ist als der Mittelwert. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen wird bevorzugt jeder einzelne Wert der lokalen Maxima jeweils mit dem Mittelwert der lokalen Maxima verglichen, und in Abhängigkeit dieses Vergleichs wird ihm der entsprechende Binärwert zugeordnet. Auf diese Weise wird bevorzugt eine Binärfolge erhalten, die eine Anzahl von Bits aufweist, welche der Anzahl der lokalen Maxima der ersten Größe entspricht.

[0018] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Vergleichen wenigstens eines der folgenden Elemente aufweist: a) Bereitstellen des wenigstens einen Musters in Form einer Referenz-Binärfolge, b) Bewerten einer Ähnlichkeit zwischen der ersten Größe und der Referenz-Binärfolge, c) Ermitteln einer zweiten Größe, die eine Korrelation zwischen der ersten Größe und der Referenz-Binärfolge charakterisiert.

[0019] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen beträgt eine Länge der Referenz-Binärfolge kleiner gleich 64 Bit, bevorzugt kleiner gleich 32 Bit, weiter bevorzugt kleiner gleich 16 Bit, weiter bevorzugt kleiner gleich 8 Bit.

[0020] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Ermitteln der zweiten Größe beispielsweise die Bildung einer Korrelation zwischen der ersten Größe und der Referenz-Binärfolge aufweisen. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen wird ein Korrelationsindex zwischen der ersten Größe und der Referenz-Binärfolge ermittelt.

[0021] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen wird die Korrelation bzw. der Korrelationsindex statistisch analysiert.

[0022] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter aufweist: insbesondere im Falle des Vorliegens eines Fehlers des Generators, Zuordnen des Fehlers des Generators zu wenigstens einer Komponente des Generators in Abhängigkeit des wenigstens einen vorgebbaren Musters. Auf diese Weise kann vorteilhaft der Fehler lokalisiert, also der den Fehler verursachenden Komponente zugeordnet, werden.

[0023] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter wenigstens eines der folgenden Elemente aufweist: a) Einleiten einer Fehlerreaktion, insbesondere bei Vorliegen des Fehlers des Generators, b) Bewerten einer Kritikalität des Fehlers, insbesondere in Abhängigkeit einer Komponente des Generators, der der Fehler zuordenbar ist, c) Ermitteln eines Unterschieds zwischen der ersten Größe und einer vorgebbaren Referenzgröße, wobei die vorgebbare Referenzgröße insbesondere mit einem fehlerfreien Betrieb des Generators assoziiert ist, d) Schließen auf einen bevorstehenden Fehler des Generators, insbesondere in Abhängigkeit eines bzw. des Unterschieds zwischen der ersten Größe und einer bzw. der mit einem bzw. dem fehlerfreien Betrieb des Generators assoziierten vorgebbaren Referenzgröße.

[0024] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf eine Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens gemäß den Ausführungsformen.

[0025] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die Vorrichtung aufweist: eine Recheneinrichtung, eine der Recheneinrichtung zugeordnete Speichereinrichtung zur zumindest zeitweisen Speicherung wenigstens eines der folgenden Elemente: a) Daten, b) Computerprogramm(e), insbesondere zur Ausführung des Verfahrens gemäß den Ausführungsformen.

[0026] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können die Daten beispielsweise die erste Größe aufweisen bzw. charakterisieren und/oder ein oder mehrere der vorgebbaren Muster aufweisen bzw. charakterisieren. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können die Daten beispielsweise auch das Vergleichsergebnis und/oder Informationen bezüglich einer Korrelation bzw. eines Korrelationsindex und/oder Informationen bezüglich einer Zuordnung bzw. Lokalisierung des Fehlers des Generators aufweisen.

[0027] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein computerlesbares Speichermedium (z.B. magnetisch und/oder optisch und/oder

Halbleiterspeicher), umfassend Befehle, die bei der Ausführung durch einen Computer (z.B. die vorstehend genannte Recheneinrichtung) diesen veranlassen, das Verfahren gemäß den Ausführungsformen auszuführen.

[0028] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein Computerprogramm, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren gemäß den Ausführungsformen auszuführen.

[0029] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein Datenträgersignal, das das Computerprogramm gemäß den Ausführungsformen charakterisiert und/oder überträgt.

[0030] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf eine Verwendung des Verfahrens gemäß den Ausführungsformen und/oder der Vorrichtung gemäß den Ausführungsformen und/oder des Computerprogramms gemäß den Ausführungsformen und/oder des Datenträgersignals gemäß den Ausführungsformen für wenigstens eines der folgenden Elemente: a) Überwachung eines Betriebs des Generators, b) Ermitteln eines vorhandenen Fehlers des Generators, c) Ermitteln eines zukünftig gegebenenfalls auftretenden Fehlers des Generators, d) Analysieren von Frequenzanteilen der Ausgangsspannung des Generators oberhalb 10 Hertz, insbesondere oberhalb 100 Hertz, weiter insbesondere oberhalb 1000 Hertz, e) Analysieren von Frequenzanteilen der Ausgangsspannung des Generators, die, insbesondere zumindest etwa, mit einer elektrischen Frequenz f_{el} des Generators korrespondieren, wobei die elektrische Frequenz f_{el} insbesondere in Abhängigkeit der folgenden Gleichung ermittelbar ist: $f_{el} = 1 / (60 * (s/min) * (1/(2 * n_{pol} * n_{phase} * n_{Gen})))$, wobei n_{pol} eine Polpaarzahl des Generators charakterisiert, wobei n_{phase} eine Anzahl der Phasen des Generators charakterisiert, und wobei n_{Gen} eine Drehzahl des Generators charakterisiert, f) Erkennung und/oder Lokalisierung einer sich anbahnenden oder eingetretenen Phasen-Unterbrechung des Generators, g) Erkennung und/oder Lokalisierung eines sich anbahnenden oder eingetretenen Phasen-Phasen-Kurzschlusses des Generators, h) Erkennung und/oder Lokalisierung einer sich anbahnenden oder eingetretenen Dioden-Unterbrechung des Generators, i) Erkennung und/oder Lokalisierung eines sich anbahnenden oder eingetretenen Dioden-Kurzschlusses des Generators.

[0031] Weitere vorteilhafte Ausführungen ergeben sich aus der folgenden Beschreibung und der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 schematisch ein vereinfachtes Schaltbild eines Generators gemäß bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 2A, Fig. 2B, Fig. 2C, Fig. 2D jeweils schematisch ein vereinfachtes Schaltbild mit einem Fehler des Generators gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 3A, Fig. 3B, Fig. 3C, Fig. 3D, Fig. 3E jeweils schematisch einen zeitlichen Verlauf einer Spannung gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 4A, Fig. 4B, Fig. 4C, Fig. 4D, Fig. 4E jeweils schematisch einen zeitlichen Verlauf einer Spannung gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 5 schematisch Fehlerbilder und Fehlermuster gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 6 schematisch Korrelationsindizes gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 7 schematisch eine Analyse der Korrelationsindizes gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 8 schematisch eine Konfusionsmatrix gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 9A schematisch ein vereinfachtes Flussdiagramm gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 9B bis Fig. 9I jeweils schematisch ein vereinfachtes Flussdiagramm gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen, und

Fig. 10 schematisch ein vereinfachtes Blockdiagramm einer Vorrichtung gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen.

[0032] **Fig. 1** zeigt schematisch ein vereinfachtes Schaltbild eines elektrischen Generators **100** gemäß bevorzugten Ausführungsformen. Beispielfhaft weist der Generator **100** einen Stator **110** und einen relativ zu dem Stator **110** bewegbaren, insbesondere drehbewegbaren, Rotor **120** auf. Vorliegend ist der Stator **110** in **Fig. 1** durch drei Statorwicklungen **110a**, **110b**, **110c** symbolisiert, die in dem Schaltbild durch jeweils einen Widerstand charakterisiert sind, und der Rotor **120** ist durch eine Rotorwicklung **120a**, ebenfalls charakterisiert durch einen Widerstand in dem Schaltbild, symbolisiert.

[0033] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist der Rotor **120** mittels einer Erregerschaltung **130** elektrisch erregbar, wobei insbesondere die Erregerschaltung **130** einen Halbleiterschalter **132** (z.B. Feldeffekttransistor) und eine Steuerlogik **134** für den Halbleiterschalter **132** aufweisen kann. Bevorzugt ist

dem Halbleiterschalter **132** eine Freilaufdiode **135** zugeordnet.

[0034] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen weist der Stator **110** wenigstens eine Statorwicklung (vorliegend beispielhaft, wie bereits vorstehend erwähnt, drei Statorwicklungen) auf, wobei insbesondere der wenigstens einen Statorwicklung **110a**, **110b**, **110c** ein in **Fig. 1** aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht näher bezeichneter Gleichrichterzweig zugeordnet ist. Der Gleichrichterzweig ist beispielsweise zur Gleichrichtung einer in der Statorwicklung erzeugten elektrischen Spannung U_P („Phasenspannung“) nutzbar und kann wie beispielhaft abgebildet z.B. zwei nicht näher bezeichnete Dioden aufweisen. Ein entsprechender Phasenstrom ist durch das Bezugszeichen I_P angedeutet. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen weist der Generator **100** wie in **Fig. 1** abgebildet drei Statorwicklungen **110a**, **110b**, **110c** auf, wobei insbesondere jeder der drei Statorwicklungen ein Gleichrichterzweig zugeordnet ist. Die drei Gleichrichterzweige des Generators **100** aus **Fig. 1** sind vorliegend kollektiv mit dem Bezugszeichen **140** bezeichnet.

[0035] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen sind auch andere Konfigurationen des Generators **100** bzw. der vorstehend beispielhaft genannten Komponenten des Generators **100** denkbar, als die vorstehend beispielhaft anhand von **Fig. 1** beschriebenen Varianten.

[0036] Der Generator **100** weist Klemmen **102a**, **102b** auf, an denen eine elektrische Spannung, seine Ausgangsspannung U_A , die auch als Klemmenspannung bezeichnet werden kann, anliegt. Bevorzugt ist die Klemme **102b** mit einem Bezugspotential wie z.B. dem Massepotential GND verbindbar bzw. verbunden.

[0037] Nachfolgend sind unter Bezugnahme auf die **Fig. 2A, Fig. 2B, Fig. 2C, Fig. 2D** jeweils unterschiedliche mögliche Fehlerbilder beschrieben, wie sie bei dem Betrieb des Generators **100** (**Fig. 1**) auftreten können.

[0038] **Fig. 2A** symbolisiert ein erstes Fehlerbild **FB1**, das einer sich anbahnenden oder bereits eingetretenen Unterbrechung einer Phasenleitung **LP1** zwischen den Schaltungsknotenpunkten **N1**, **N2** entspricht („Phasen-Unterbrechung“). Die Phasen-Unterbrechung **FB1** ist hierbei beispielhaft durch einen ersten Widerstand **R1** symbolisiert, der nichtverschwindende Widerstandswerte aufweisen kann, insbesondere solche Widerstandswerte, die wesentlich größer sind als der elektrische Widerstand der elektrischen Verbindungsleitung **LP1** zwischen den Schaltungsknotenpunkten **N1**, **N2** in einem fehlerfreien Betrieb des Generators **100**.

[0039] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann zwischen einer sich anbahnenden Unterbrechung der Phasenleitung **LP1** und einer bereits eingetretenen Unterbrechung der Phasenleitung **LP1** z.B. in Abhängigkeit einer Größe des elektrischen Widerstands **R1** zwischen den Schaltungsknotenpunkten **N1**, **N2** unterschieden werden. Beispielsweise kann man bei einem Widerstandswert von $R1 = 10$ Ohm davon ausgehen, dass sich eine Unterbrechung der Phasenleitung **LP1** anbahnt, wobei immer noch eine gewisse elektrische Leitfähigkeit gegeben ist, wohingegen bei einem Widerstandswert von $R1 > 1000$ Ohm davon ausgegangen werden kann, dass eine, insbesondere zumindest nahezu vollständige, Unterbrechung der Phasenleitung **LP1** gegeben ist.

[0040] **Fig. 2B** symbolisiert ein zweites Fehlerbild **FB2**, das einen sich anbahnenden oder bereits eingetretenen Kurzschluss zwischen den Schaltungsknotenpunkten **N1**, **N3** („Phasen-Phasen-Kurzschluss“) entspricht. Der Phasen-Phasen-Kurzschluss **FB2** ist in **Fig. 2B** beispielhaft durch einen zweiten Widerstand **R2** symbolisiert, der Widerstandswerte kleiner unendlich aufweisen kann, insbesondere solche Widerstandswerte, die wesentlich kleiner sind als der elektrische (Isolations-)Widerstand der (Freiraum- bzw. Isolations-)Strecke zwischen den Schaltungsknotenpunkten **N1**, **N3** in einem fehlerfreien Betrieb des Generators **100**.

[0041] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann zwischen einem sich anbahnenden Phasen-Phasen-Kurzschluss und einem bereits eingetretenen Phasen-Phasen-Kurzschluss **FB2**, analog zu dem Fehlerbild gemäß **Fig. 2A**, z.B. in Abhängigkeit einer Größe des elektrischen Widerstands **R2** (**Fig. 2B**) zwischen den Schaltungsknotenpunkten **N1**, **N3** unterschieden werden. Beispielsweise kann man bei einem Widerstandswert von $R2 < 10000$ Ohm davon ausgehen, dass sich ein Phasen-Phasen-Kurzschluss anbahnt, wobei immer noch eine gewisse elektrische Isolation gegeben ist, wohingegen z.B. bei einem Widerstandswert von $R2 < 10$ Ohm davon ausgegangen werden kann, dass ein Phasen-Phasen-Kurzschluss gegeben ist.

[0042] **Fig. 2C** symbolisiert ein drittes Fehlerbild **FB3**, das einer sich anbahnenden oder bereits eingetretenen Unterbrechung einer elektrischen Verbindung eines nicht näher bezeichneten Gleichrichterzweigs des Gleichrichters **140** zwischen den Schaltungsknotenpunkten **N4**, **N5** („Dioden-Unterbrechung“) entspricht. Die Dioden-Unterbrechung **FB3** ist in **Fig. 2C** beispielhaft durch einen dritten Widerstand **R3** symbolisiert, der nichtverschwindende Widerstandswerte aufweisen kann, insbesondere solche Widerstandswerte, die wesentlich größer sind als der elektrische Widerstand der elektrischen Verbindungsleitung **141** zwischen den Schaltungskno-

tenpunkten **N4**, **N5** in einem fehlerfreien Betrieb des Generators **100**.

[0043] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann zwischen einer sich anbahnenden Dioden-Unterbrechung und einer bereits eingetretenen Dioden-Unterbrechung z.B. in Abhängigkeit einer Größe des elektrischen Widerstands **R3** zwischen den Schaltungsknotenpunkten **N4**, **N5** unterschieden werden. Beispielsweise kann man bei einem Widerstandswert von $R3 = 10$ Ohm davon ausgehen, dass sich eine Unterbrechung der Verbindungsleitung **141** zwischen den beiden Dioden des Gleichrichterzweigs anbahnt, wobei immer noch eine gewisse elektrische Leitfähigkeit gegeben ist, wohingegen bei einem Widerstandswert von $R3 > 1000$ Ohm davon ausgegangen werden kann, dass eine, insbesondere zumindest nahezu vollständige, Unterbrechung der Verbindungsleitung **141** gegeben ist.

[0044] **Fig. 2D** symbolisiert ein viertes Fehlerbild **FB4**, das einem sich anbahnenden oder bereits eingetretenen Kurzschluss einer Diode **142** zwischen dem Schaltungsknotenpunkt **N2** und der Ausgangsklemme **102a** („Dioden-Kurzschluss“) entspricht. Der Dioden-Kurzschluss **FB4** ist in **Fig. 2D** beispielhaft durch einen vierten Widerstand **R4** symbolisiert, der Widerstandswerte kleiner unendlich aufweisen kann, insbesondere solche Widerstandswerte, die wesentlich kleiner sind als der elektrische (Isolations-)Widerstand der (Freiraum- bzw. Isolations-)Strecke zwischen den Schaltungsknotenpunkten **N2**, **102a** in einem fehlerfreien Betrieb des Generators **100**.

[0045] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann zwischen einem sich anbahnenden Dioden-Kurzschluss und einem bereits eingetretenen Dioden-Kurzschluss, analog zu dem Fehlerbild gemäß **Fig. 2B**, z.B. in Abhängigkeit einer Größe des elektrischen Widerstands **R4** (**Fig. 2D**) zwischen den Schaltungsknotenpunkten **N2**, **102a** unterschieden werden. Beispielsweise kann man bei einem Widerstandswert von $R4 < 10000$ Ohm davon ausgehen, dass sich ein Dioden-Kurzschluss anbahnt, wobei (zumindest in manchen Betriebspunkten, z.B. sperrende Diode **142**) immer noch eine gewisse elektrische Isolation gegeben ist, wohingegen z.B. bei einem Widerstandswert von $R4 < 10$ Ohm (zumindest in manchen Betriebspunkten, z.B. sperrende Diode **142**) davon ausgegangen werden kann, dass ein Dioden-Kurzschluss gegeben ist.

[0046] Es versteht sich, dass die vorstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 2A**, **Fig. 2B**, **Fig. 2C**, **Fig. 2D** genannten Zahlenwerte für die Widerstände **R1**, **R2**, **R3**, **R4** beispielhaft sind und insbesondere bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen je nach Implementierung und/oder Topologie und/oder Materialeigenschaften auch andere Werte aufweisen können.

[0047] Untersuchungen der Erfinder zufolge können sich die vorstehend beispielhaft unter Bezugnahme auf **Fig. 2A** bis **Fig. 2D** beschriebenen Fehlerbilder **FB1**, ..., **FB4** auf den zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung **UA** auswirken, was gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen beispielsweise für eine Überwachung des Betriebs des Generators **100** genutzt werden kann. Das nachstehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 3** bis **Fig. 10** beschriebene Prinzip kann gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen auch auf weitere, vorstehend nicht bereits beschriebenen Fehlerbilder des Generators **100** (**Fig. 1**) angewendet werden.

[0048] Weitere bevorzugte Ausführungsformen, vgl. das Flussdiagramm aus **Fig. 9A**, beziehen sich auf ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Generators, z. B. des Generators **100** gemäß **Fig. 1**, aufweisend: Ermitteln **200** einer ersten Größe **G1** (**Fig. 9A**), die einen zeitlichen Verlauf einer bzw. der Ausgangsspannung **UA** (**Fig. 1**) des Generators charakterisiert, Vergleichen **210** (**Fig. 9A**) der ersten Größe **G1** mit wenigstens einem vorgebbaren Muster **M1**, das mit einem Fehler bzw. Fehlerbild des Generators **100** assoziiert ist, wobei ein Vergleichsergebnis **VGL** (**Fig. 9A**) erhalten wird, Schließen **220**, in Abhängigkeit des Vergleichsergebnis **VGL**, auf das Vorliegen oder Nichtvorliegen des Fehlers bzw. Fehlerbilds des Generators **100**. Das Verfahren ist bevorzugt als computerimplementiertes Verfahren ausgebildet und ermöglicht vorteilhaft eine Ermittlung von Informationen über den Betrieb des Generators **100**.

[0049] Insbesondere können gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen bereits vorhandene oder zukünftig ggf. auftretende (also sich anbahnende) Fehler erkannt werden. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist eine Lokalisierung des Fehlers vorgesehen, also das Ermitteln einer Komponente **110**, **140** (**Fig. 1**) des Generators **100**, in deren Bereich der Fehler vorhanden ist.

[0050] Die **Fig. 3A**, **Fig. 3B**, **Fig. 3C**, **Fig. 3D**, **Fig. 3E** zeigen jeweils schematisch einen zeitlichen Verlauf einer Spannung gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen. Die Skalierung der Zeitachsen **t** ist bei allen **Fig. 3A**, **Fig. 3B**, **Fig. 3C**, **Fig. 3D**, **Fig. 3E** gleich, ebenso wie die Skalierung der nicht näher bezeichneten vertikalen Achsen, die jeweils die Ausgangsspannung **UA** (**Fig. 1**) des Generators **100** angeben.

[0051] **Fig. 3A** zeigt einen zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung **UA** des Generators **100** (**Fig. 1**), wie er sich beispielhaft bei dem Vorliegen des ersten Fehlerbilds **FB1** gemäß **Fig. 2A** ergibt. **Fig. 3B** zeigt einen zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung **UA** des Generators **100** (**Fig. 1**), wie er sich beispielhaft bei dem Vorliegen des zweiten Fehlerbilds **FB2** gemäß **Fig. 2B** ergibt. **Fig. 3C** zeigt einen zeitlichen Ver-

lauf der Ausgangsspannung **UA** des Generators **100** (**Fig. 1**), wie er sich beispielhaft bei dem Vorliegen des dritten Fehlerbilds **FB3** gemäß **Fig. 2C** ergibt. **Fig. 3D** zeigt einen zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung **UA** des Generators **100** (**Fig. 1**), wie er sich beispielhaft bei dem Vorliegen des vierten Fehlerbilds **FB4** gemäß **Fig. 2D** ergibt. **Fig. 3E** zeigt demgegenüber einen zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung **UA** des Generators **100** (**Fig. 1**), wie er sich bei einem ordnungsgemäßen Betrieb des Generators **100** ohne Fehler ergibt. Deutlich sind Abweichungen in den unterschiedlichen Zeitverläufen gemäß den **Fig. 3A**, **Fig. 3B**, **Fig. 3C**, **Fig. 3D**, **Fig. 3E** erkennbar, die gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen berücksichtigt bzw. ausgewertet werden.

[0052] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die erste Größe **G1** (**Fig. 9A**) eine Reihe, also beispielsweise eine vorgebbare Vielzahl, von Abtastwerten der Ausgangsspannung **UA** (**Fig. 1**) aufweist. Besonders bevorzugt repräsentiert die erste Größe **G1** somit zeitdiskrete und wertediskrete Daten, die den zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung **UA** charakterisieren. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die erste Größe **G1** beispielsweise unter Verwendung eines Analog-Digital-Wandlers (vgl. Element **308** aus **Fig. 10**, weiter unten beschrieben) erhalten werden, der die in der Regel als zeit- und wertekontinuierliche Größe vorliegende analoge Ausgangsspannung **UA** in eine entsprechende digitale Größe bzw. Datenreihe **G1** digitaler Werte transformiert.

[0053] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Vergleichen **210** (**Fig. 9A**) ein Vergleichen der ersten Größe **G1** mit drei oder mehr vorgebbaren, insbesondere zueinander jeweils unterschiedlichen, Mustern aufweist, wobei insbesondere jedes der drei oder mehr vorgebbaren Muster mit jeweils einem Fehler bzw. Fehlerbild **FB1**, **FB2**, **FB3**, **FB4** des Generators **100** assoziiert ist. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können die genannten vorgebbaren Muster z.B. aus den zeitlichen Verläufen gemäß **Fig. 3A** bis **Fig. 3D** abgeleitet werden.

[0054] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Ermitteln **200** (**Fig. 9A**) der ersten Größe **G1** aufweist, vgl. **Fig. 9B**: a) Erfassen **202** eines zeitlichen Verlaufs **UA_t** (s. z.B. auch **Fig. 3A** - **Fig. 3E**) der Ausgangsspannung **UA** des Generators **100**, beispielsweise mittels Abtastung und/oder gleichzeitiger Analog-Digital-Wandlung, insbesondere durch den Analog-Digital-Wandler **308** gemäß **Fig. 10**, b) optional zumindest zeitweises Speichern **204** (**Fig. 9B**) des zeitlichen Verlaufs (vorzugsweise in digitaler, insbesondere zeitdiskreter und wertediskreter Form, insbesondere in einem Halbleiterspeicher **304** (**Fig. 10**), insbesondere Arbeitsspeicher **304a** (RAM) bzw. Pufferspeicher),

c) Ausführen **206 (Fig. 9B)** einer Signalverarbeitung des zeitlichen Verlaufs, wodurch insbesondere die erste Größe **G1** erhalten wird. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die genannte Signalverarbeitung **206** insbesondere eine digitale Signalverarbeitung der als digitale Daten vorliegenden ersten Größe **G1** aufweisen.

[0055] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Ausführen **206** der Signalverarbeitung wenigstens eines der folgenden Elemente aufweist, vgl. **Fig. 9C**: a) Filtern **206a** (vorzugsweise mittels eines digitalen Filters, beispielsweise eines FIR (finite impulse response)-Filters (Filter mit endlicher Impulsantwort)), insbesondere Glätten (beispielsweise mittels einer Tiefpassfilterung), des zeitlichen Verlaufs U_{A_t} der Ausgangsspannung U_A und/oder einer davon abgeleiteten Größe, b) Normieren **206b** des zeitlichen Verlaufs der Ausgangsspannung und/oder einer davon abgeleiteten Größe (z.B. gefilterte bzw. geglättete erste Größe), bezüglich eines Mittelwerts, c) Normieren **206c** des zeitlichen Verlaufs der Ausgangsspannung und/oder einer davon abgeleiteten Größe, bezüglich einer Varianz.

[0056] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Schließen **220 (Fig. 9A)** aufweist, vgl. **Fig. 9D**: a) dann, wenn das Vergleichsergebnis **VGL (Fig. 9A)** anzeigt, dass die erste Größe **G1** dem wenigstens einen vorgebbaren Muster **M1** bzw. wenigstens einem, insbesondere genau einem, von mehreren vorgebbaren Mustern, entspricht, Schließen **222 (Fig. 9D)** auf einen bzw. den mit dem jeweiligen Muster assoziierten Fehler bzw. ein entsprechendes Fehlerbild, b) dann, wenn das Vergleichsergebnis **VGL** anzeigt, dass die erste Größe **G1** nicht dem wenigstens einen vorgebbaren Muster **M1** bzw. keinem von mehreren vorgebbaren Mustern, entspricht, Schließen **224** darauf, dass kein Fehler des Generators **100** vorliegt.

[0057] Die **Fig. 4A, Fig. 4B, Fig. 4C, Fig. 4D, Fig. 4E** zeigen jeweils schematisch einen zeitlichen Verlauf **K1 (Fig. 4A), K2 (Fig. 4B), K3 (Fig. 4C), K4 (Fig. 4D), K5 (Fig. 4E)** einer Spannung gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen. Insbesondere entsprechen die Spannungsverläufe **K1 bis K5** gemäß **Fig. 4A bis Fig. 4E** beispielsweise Daten bzw. Signalen, wie sie gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen aus dem jeweiligen zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung des Generators gemäß **Fig. 3A bis Fig. 3E** ableitbar sind. Beispielsweise kann der Zeitverlauf **K1** gemäß **Fig. 4A** dementsprechend der ersten Größe **G1** gemäß bevorzugten Ausführungsformen entsprechen, wie sie aus dem zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung gemäß **Fig. 3A** gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen (vergleiche beispielsweise **Fig. 9B**) abgeleitet bzw. ermittelt worden ist. Insbesondere kann der

Spannungsverlauf **K1** gemäß **Fig. 4A** beispielsweise die vorstehend beispielhaft erwähnte digitale Datenreihe mit zeitdiskreten und wertediskreten Daten repräsentieren, wie sie bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen der ersten Größe **G1** entspricht. Vergleichbares gilt für die weiteren Zeitverläufe **K2 bis K5** gemäß den **Fig. 4B bis Fig. 4E**.

[0058] Mit anderen Worten entspricht der Zeitverlauf **K1** gemäß **Fig. 4A** beispielsweise der ersten Größe **G1** gemäß bevorzugten Ausführungsformen, wie sie sich bei dem ersten Fehlerbild **FB1** gemäß **Fig. 2A** einstellt, und der Zeitverlauf **K2** gemäß **Fig. 4B** entspricht beispielsweise der ersten Größe **G1** gemäß bevorzugten Ausführungsformen, wie sie sich bei dem zweiten Fehlerbild **FB2** gemäß **Fig. 2B** einstellt, usw.

[0059] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen sind die Zeitverläufe **K1 bis K5** jeweils bereits einer Normierung, insbesondere hinsichtlich Mittelwert und/oder Varianz, unterworfen worden, wodurch sich die von den **Fig. 3A bis Fig. 3E** abweichende Skalierung der vertikalen Achsen ergibt. Gleichwohl sind bevorzugt für die Unterscheidung der verschiedenen Fehlerbilder **FB1, ..., FB4** verwendbare Informationen nach wie vor in den Zeitverläufen **K1 bis K4** enthalten.

[0060] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter aufweist, vgl. **Fig. 9E**: Ermitteln **230**, vorzugsweise aller, lokaler Maxima **K1"** (**Fig. 4A**) der ersten Größe **G1** (bzw. **K1** gemäß **Fig. 4A**), wobei insbesondere die lokalen Maxima **K1"** jeweils untereinander einen vorgebbaren zeitlichen Abstand T_{el} aufweisen.

[0061] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist der vorgebbare zeitliche Abstand T_{el} in Abhängigkeit der folgenden Gleichung ermittelbar: $T_{el} = 60 \cdot (s/min) \cdot (1/(2 \cdot n_{pol} \cdot n_{phase} \cdot n_{Gen}))$, wobei n_{pol} eine Polpaarzahl des Generators **100 (Fig. 1)** charakterisiert, wobei n_{phase} eine Anzahl der Phasen des Generators (**100**) charakterisiert, wobei n_{Gen} eine Drehzahl des Generators **100** charakterisiert, und wobei T_{el} eine elektrische Periode des Generators **100** charakterisiert.

[0062] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter wenigstens eines der folgenden Elemente aufweist, vgl. **Fig. 9E**:

- a) Ermitteln **232** eines Mittelwerts **K1'** (vgl. auch **Fig. 4A**) der lokalen Maxima **K1"**,
- b) Bilden **234** einer Binärfolge **BF1** in Abhängigkeit des Mittelwerts **K1'** der lokalen Maxima **K1"** und der lokalen Maxima **K1"**.

[0063] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Bilden **234 (Fig. 9E)**

der Binärfolge **BF1** aufweist, vgl. **Fig. 9F**: Vergleichen **234a** eines lokalen Maximums **K1''** mit dem Mittelwert **K1'**, Zuordnen **234b** eines ersten Binärwerts, insbesondere eins („1“), wenn das lokale Maximum **K1''** größer ist als der Mittelwert **K1'**, Zuordnen **234c** eines von dem ersten Binärwert verschiedenen zweiten Binärwerts, insbesondere Null („0“), wenn das lokale Maximum **K1''** kleiner, insbesondere kleiner gleich, ist als der Mittelwert **K1'**.

[0064] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen wird bevorzugt jeder einzelne Wert der lokalen Maxima **K1''** jeweils mit dem Mittelwert **K1'** der lokalen Maxima verglichen, und in Abhängigkeit dieses Vergleichs wird ihm der entsprechende Binärwert zugeordnet. Auf diese Weise wird bevorzugt eine Binärfolge **BF1** (**Fig. 4A**, aus Gründen der Übersichtlichkeit nur teilweise abgebildet) erhalten, die eine Anzahl von Bits aufweist, welche der Anzahl der lokalen Maxima der ersten Größe **G1** bzw. **K1** entspricht.

[0065] Vergleichbare Ausführungen gelten für die weiteren **Fig. 4B** bis **Fig. 4D**, deren jeweilige (aus Gründen der Übersichtlichkeit nur teilweise abgebildete) Binärfolge mit dem Bezugszeichen **BF2** bzw. **BF3** bzw. **BF4** bezeichnet ist. Mit anderen Worten entsprechen gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen die Binärfolgen **BF1**, **BF2**, **BF3**, **BF4** jeweils einem korrespondierenden Fehlerbild **FB1**, **FB2**, **FB3**, **FB4**, vgl. die vorstehende Beschreibung der **Fig. 2A** bis **Fig. 2D**.

[0066] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Vergleichen **210** (**Fig. 9A**) wenigstens eines der folgenden Elemente aufweist, vgl. **Fig. 9G**: a) Bereitstellen **210a** des wenigstens einen Musters **M1** (**Fig. 9A**) in Form einer Referenz-Binärfolge **BFREF**, b) Bewerten **210b** (**Fig. 9G**) einer Ähnlichkeit zwischen der ersten Größe **G1** (bzw. **K1**) und der Referenz-Binärfolge **BFREF**, c) Ermitteln **210c** (**Fig. 9G**) einer zweiten Größe **G2**, die eine Korrelation zwischen der ersten Größe **G1** und der Referenz-Binärfolge **BFREF** charakterisiert.

[0067] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen beträgt eine Länge der Referenz-Binärfolge **BFREF** kleiner gleich 64 Bit, bevorzugt kleiner gleich 32 Bit, weiter bevorzugt kleiner gleich 16 Bit, weiter bevorzugt kleiner gleich 8 Bit.

[0068] **Fig. 5** zeigt tabellarisch organisiert schematisch Fehlerbilder gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen. Eine erste Zeile **Z1** weist in einer ersten Spalte **SP1** die Fehlerbilder **FB1**, **FB2** auf, die bei bevorzugten Ausführungsformen vergleichsweise ähnlich und daher vorliegend beispielhaft zusammengefasst sind, und in einer zweiten Spalte **SP2** ein dem betreffenden Fehlerbild **FB1**, **FB2** zugeordnetes Muster. Beispielhaft ist das Muster „101“ (und

„11011“) dem ersten Fehlerbild **FB1** zugeordnet, und das Muster „11011“ (und „101“) ist dem zweiten Fehlerbild **FB2** zugeordnet. Die zweite Zeile **Z2** enthält das dritte Fehlerbild **FB3** und das ihm zugeordneten Muster „1111“, und die dritte Zeile **Z3** enthält das vierte Fehlerbild **FB4** und das ihm zugeordneten Muster „111“. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können die genannten Muster aus Spalte **SP2** der Tabelle gemäß **Fig. 5** als vorgebbare(s) Muster für den Vergleich im Sinne des Schritts **210** verwendet werden.

[0069] Die vorstehend beschriebenen, in der zweiten Spalte **SP2** der Tabelle gemäß **Fig. 5** aufgeführten Muster sind bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen beispielsweise aus dem jeweiligen Zeitverlauf **K1** bis **K4** gemäß **Fig. 4A** bis **Fig. 4D** bzw. den daraus wie vorstehend beschrieben ermittelbaren Binärfolgen **BF1**, ..., **BF4** ableitbar, z.B. als sich periodisch wiederholender Teil des betreffenden Zeitverlaufs **K1** bis **K4** bzw. der betreffenden Binärfolge **BF1**, ..., **BF4**. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen wird hierzu beispielhaft eine Periode „001111“ z.B. der Binärfolge **BF3** („00111100111100...“) verwendet. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen werden die Nullwerte aus dieser Periode entfernt, was auf das Muster „1111“ führt. Vergleichbare Schritte sind gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen auch auf die anderen Binärfolgen gemäß **Fig. 4A** bis **Fig. 4D** anwendbar, um die den jeweiligen Fehlerbildern zugeordneten Muster gemäß Spalte **SP2** aus **Fig. 5** zu ermitteln.

[0070] Nachstehend wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 6**, **Fig. 7** beispielhaft eine Erkennung des vierten Fehlerbilds **FB4** (**Fig. 2D**) näher beschrieben. Die nachfolgend hierzu geschilderte Verfahrensweise ist gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen analog auf die weiteren Fehlerbilder anwendbar.

[0071] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Ermitteln **210c** (**Fig. 9G**) der zweiten Größe **G2** beispielsweise die Bildung einer Korrelation zwischen der ersten Größe **G1** und der Referenz-Binärfolge **BFREF** aufweisen. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen wird ein Korrelationsindex zwischen der ersten Größe und der Referenz-Binärfolge ermittelt.

[0072] Die **Fig. 6** und **Fig. 7** zeigen dementsprechend schematisch Korrelationsindizes und eine Analyse der Korrelationsindizes gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen. Die erste Spalte **SP1** der Tabelle gemäß **Fig. 6** enthält in der ersten Zeile **Z1** die beiden Fehlerbilder **FB1**, **FB2** zwischen denen bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen beispielhaft aufgrund ihrer Ähnlichkeit vorliegend nicht unterschieden wird, in der zweiten Zeile **Z2** das dritte Fehlerbild **FB3**, in der dritten Zeile **Z3** das vierte Fehlerbild **FB4**, und in der vierten Zeile **Z4** Referenz-

daten REF. Die zweite Spalte SP2 gemäß **Fig. 6** enthält in den Zeilen **Z1** bis **Z4** dem jeweiligen Fehlerbild zugeordnete Korrelationen in Form von Ziffernfolgen, die vorstehend beispielhaft unterschiedliche Werte „0“, „1“, „2“, „3“ aufweisen. Gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen werden die einzelnen Werte auch als Korrelationsindizes bezeichnet.

[0073] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können die Korrelationsindizes der ersten Zeile **Z1** gemäß **Fig. 6** beispielsweise durch eine Korrelation des dem vierten Fehlerbild **FB4** zugeordneten Musters „111“ (vergleiche Spalte SP2, Zeile **Z3** der Tabelle gemäß **Fig. 5**) mit der Bitfolge **BF1** gemäß **Fig. 4A** ermittelt werden. Für das zweite Fehlerbild **FB2** gemäß **Fig. 4B**, vergleiche die zweite Bitfolge **BF2**, ergibt sich eine vergleichbare Korrelation bzw. ergeben sich vergleichbare Korrelationsindizes.

[0074] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können die Korrelationsindizes der zweiten Zeile **Z2** gemäß **Fig. 6** beispielsweise durch eine Korrelation des dem vierten Fehlerbild **FB4** zugeordneten Musters „111“ (vergleiche Spalte SP2, Zeile **Z3** der Tabelle gemäß **Fig. 5**) mit der Bitfolge **BF3** gemäß **Fig. 4C** ermittelt werden. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können die Korrelationsindizes der dritten Zeile **Z3** gemäß **Fig. 6** beispielsweise durch eine Korrelation des dem vierten Fehlerbild **FB4** zugeordneten Musters „111“ (vergleiche Spalte SP2, Zeile **Z3** der Tabelle gemäß **Fig. 5**) mit der Bitfolge **BF4** gemäß **Fig. 4D** ermittelt werden.

[0075] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können die Korrelationsindizes der vierten Zeile **Z4** gemäß **Fig. 6** beispielsweise durch eine Korrelation des dem vierten Fehlerbild **FB4** zugeordneten Musters „111“ (vergleiche Spalte SP2, Zeile **Z3** der Tabelle gemäß **Fig. 5**) mit einer Referenz-Bitfolge (insbesondere für einen ordnungsgemäßen Betrieb des Generators **100** ohne Fehler) ermittelt werden.

[0076] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen wird die Korrelation bzw. der Korrelationsindex, wie er vorstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 6** beispielhaft beschrieben worden ist, statistisch analysiert. **Fig. 7** zeigt dementsprechend beispielhaft eine tabellarische Übersicht der Korrelationsindizes in den Spalten Index0, Index1, Index2, Index3 und ihre Zuordnung zu den verschiedenen Fehlerbildern **FB1**, **FB2**, **FB3**, **FB4** bzw. der Referenz Bitfolge entsprechend den Zeilen **Z1** bis **Z4**.

[0077] Anhand der Bitfolge („01-Code“) des vierten Fehlerbilds **FB4** gemäß **Fig. 4D** ist zu erkennen, dass ein „Index 3“ vorliegt, nur wenn die Bitfolge **BF4** des vierten Fehlerbilds **FB4** das entsprechende Muster des vierten Fehlerbilds **FB4** („111“) mit der „111“-Reihe in der Bitfolge **BF4** überlagert (im Sinne einer Korrelation). Diese Situation passiert beispielhaft

bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen in 0,02 Sekunden 6-mal (insgesamt 6 Grundperioden). Deswegen kann man bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen den Anteil von Index **3** mit der nachfolgenden Gleichung mathematisch berechnen: $n_{ind3} / n_{ind} = 6/38 = 15,79\%$. Dieser Prozentwert stimmt bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen mit dem theoretischen Wert in **Fig. 7** (vergleiche Zeile **Z3**, Spalte Index3) überein.

[0078] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann der Anteil von anderen Indizes analog zu der vorstehend beschriebenen Vorgehensweise für den Index drei ermittelt bzw. berechnet werden. Bspw. sollten sich die Anteile von Index **1** und Index **2** bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen im Vergleich zu dem Anteil von Index **3** verdoppeln, da in jeder Grundperiode zwei Überlagerungsmöglichkeiten für Index **1** bzw. Index **2** entstehen können. Dies stimmt ebenfalls mit den entsprechenden theoretischen Werten überein, vergleiche beispielsweise die Zeile **Z3**, Spalten Index1, Index2.

[0079] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann der Korrelationsindex mit dem „111“-Muster (Muster von dem vierten Fehlerbild **FB4** (vergleiche **Fig. 5**, Spalte SP2, Zeile **Z3**)) zur Ermittlung bzw. Lokalisierung von anderen (weiteren) Fehlern verwendet werden bzw. beitragen.

[0080] Beispielsweise sind bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen die beiden Prozentwerte von Index **2** und Index **3** bezüglich der Fehlerbilder **FB1**, **FB2** (Zeile **Z1** gemäß **Fig. 7**, dort Spalten Index2, Index3) in diesem Fall null, da keine „111“-Reihe bzw. Muster oder „11“-Reihe bzw. Muster in der Bitfolge **BF1**, **BF2** des betreffenden Fehlerbilds **FB1**, **FB2** vorliegt. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann deswegen auch das Fehlerbild **FB1**, **FB2** mit dieser Korrelation (**Fig. 6**, **Fig. 7**) erkannt bzw. lokalisiert werden, was vorteilhaft die Genauigkeit der einzelnen Fehlerdetektionen und -lokalisierungen erhöht.

[0081] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen werden beispielhaft für jeden möglichen Fehler bzw. jedes mögliche Fehlerbild Intervalle (beispielsweise charakterisiert durch Prozentwerte) für die entsprechenden Korrelationsindizes definiert. Liegen die Prozentwerte nicht in dem jeweiligen definierten Bereich, gilt der Generator bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen als „in Ordnung“ („i.O.“), es liegt also kein Fehler vor, z.B. im Bereich des Referenzfalls REF (**Fig. 6**, **Fig. 7**, Zeile **Z4**). Liegen die Prozentwerte jeweils in dem definierten Bereich, so gilt bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen der entsprechende Fehler im Generator **100** als erkannt bzw. lokalisiert.

[0082] Weitere bevorzugte Ausführungsformen und Aspekte beziehen sich auf eine Validierung des Algorithmus gemäß den vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen.

[0083] Um den Algorithmus gemäß bevorzugten Ausführungsformen zu validieren, wird die Robustheit bzw. Genauigkeit des Algorithmus gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen geprüft. Dafür wird dieser Algorithmus gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen für verschiedene Betriebspunkte jeweils durch eine z.B. 3-Sekunden-Messung (insbesondere Erfassung des zeitlichen Verlaufs der Ausgangsspannung) mit verschiedenen Fehlerbildern und auch vom Referenzfall getestet. Dadurch wird gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen validiert, dass dieser Algorithmus die oben erwähnten elektrischen Fehler bzw. Fehlerbilder im Generator **100** mit einer hohen Genauigkeit erkennen bzw. lokalisieren kann, z.B. wenn der Generator **100** auf dem Betriebspunkt mit 50 A (Ampere) und 3000 rpm (Umdrehungen pro Minute) oder 50 A und 1800 rpm betrieben ist. Für den Betriebspunkt mit 50 A und 3000 rpm sind die Ergebnisse in Form der Konfusionsmatrix gemäß **Fig. 8** beispielhaft dargestellt. Hierbei bedeutet:

Target **1** (entsprechend Spalte SP1): eine Phasen-Unterbrechung oder ein Phasen-Phasen-Kurzschluss liegt wirklich vor (Fehlerbild **FB1** oder **FB2**), Target **2** (entsprechend Spalte SP2): eine Dioden-Unterbrechung liegt wirklich vor (Fehlerbild **FB3**), Target **3** (entsprechend Spalte SP3): ein Dioden-Kurzschluss liegt wirklich vor (Fehlerbild **FB4**), Target **4** (entsprechend Spalte SP4): Referenzfall, Output **1** (entsprechend Zeile **Z1**): eine Phasen-Unterbrechung oder ein Phasen-Phasen-Kurzschluss wird erkannt und lokalisiert, Output **2** (entsprechend Zeile **Z2**): eine Dioden-Unterbrechung wird erkannt und lokalisiert, Output **3** (entsprechend Zeile **Z3**): ein Dioden-Kurzschluss wird erkannt und lokalisiert, Output **4** (entsprechend Zeile **Z4**): kein Fehlerbild wird erkannt (als Referenzfall erkannt).

[0084] Dadurch wurde nachgewiesen, dass gemäß bevorzugten Ausführungsformen die Erkennung und Lokalisierung der oben erwähnten Fehlerbilder **FB1**, **FB2**, **FB3**, **FB4** mithilfe dieses Algorithmus vollständig erreicht wird.

[0085] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter aufweist: insbesondere im Falle des Vorliegens eines Fehlers des Generators **100** (**Fig. 1**), Zuordnen des Fehlers des Generators **100** zu wenigstens einer Komponente **110**, **140** des Generators **100** in Abhängigkeit des wenigstens einen vorgebbaren Musters **M1**. Auf diese Weise kann vorteilhaft der Fehler lokalisiert, also der den Fehler verursachenden Komponente zugeordnet, werden. Beispielhafte, un-

terschiedlichen Fehlern bzw. Fehlerbildern zugeordnete Muster sind vorstehend unter Bezugnahme auf Spalte SP2 von **Fig. 5** beschrieben worden. Eine Ermittlung dieser Muster gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorstehend beispielhaft unter Bezugnahme auf die **Fig. 4A** bis **Fig. 4F** und **Fig. 9E**, **Fig. 9F** beschrieben worden.

[0086] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter wenigstens eines der folgenden Elemente aufweist, vgl. **Fig. 9H**: a) Einleiten **240** einer Fehlerreaktion, insbesondere bei Vorliegen des Fehlers des Generators **100**, b) Bewerten **242** einer Kritikalität des Fehlers, insbesondere in Abhängigkeit einer Komponente **110**, **140** des Generators, der der Fehler zuordenbar ist, c) Ermitteln **244** eines Unterschieds zwischen der ersten Größe **G1** und einer vorgebbaren Referenzgröße REF, BFREF, wobei die vorgebbare Referenzgröße insbesondere mit einem fehlerfreien Betrieb des Generators **100** assoziiert ist, d) Schließen **246** auf einen bevorstehenden Fehler des Generators **100**, insbesondere in Abhängigkeit eines bzw. des Unterschieds zwischen der ersten Größe **G1** und einer bzw. der mit einem bzw. dem fehlerfreien Betrieb des Generators **100** assoziierten vorgebbaren Referenzgröße REF, BFREF.

[0087] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf eine Vorrichtung **300** zur Ausführung des Verfahrens gemäß den Ausführungsformen, vgl. **Fig. 10**.

[0088] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die Vorrichtung **300** aufweist: eine wenigstens einen Rechenkern **302a** aufweisende Recheneinrichtung **302**, eine der Recheneinrichtung **302** zugeordnete Speichereinrichtung **304** (mit z.B. einem flüchtigen Speicher **304a**, z.B. Arbeitsspeicher (RAM), und/oder z.B. einem nicht-flüchtigen Speicher **304b**, z.B. Flash-EEPROM) zur zumindest zeitweisen Speicherung wenigstens eines der folgenden Elemente: a) Daten DAT, b) Computerprogramm(e) PRG, insbesondere zur Ausführung des Verfahrens gemäß den Ausführungsformen.

[0089] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können die Daten DAT beispielsweise die erste Größe **G1** aufweisen bzw. charakterisieren und/oder ein oder mehrere der vorgebbaren Muster **M1**, **M2**, **M3**, .. bzw. Teile hiervon (vgl. z.B. die Muster gemäß Spalte SP2 aus **Fig. 5**). Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können die Daten DAT beispielsweise auch das Vergleichsergebnis VGL (**Fig. 9A**) und/oder Informationen bezüglich einer Korrelation bzw. eines Korrelationsindex und/oder Informationen bezüglich einer Zuordnung bzw. Lokalisierung des Fehlers des Generators **100** aufweisen.

[0090] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein computerlesbares Speichermedium SM (z.B. magnetisch und/oder optisch und/oder Halbleiterspeicher), umfassend Befehle PRG', die bei der Ausführung durch einen Computer **302** diesen veranlassen, das Verfahren gemäß den Ausführungsformen auszuführen.

[0091] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein Computerprogramm PRG, PRG', umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms PRG, PRG' durch einen Computer **302** diesen veranlassen, das Verfahren gemäß den Ausführungsformen auszuführen.

[0092] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein Datenträgersignal DCS, das das Computerprogramm PRG, PRG' gemäß den Ausführungsformen charakterisiert und/oder überträgt, z.B. zu einer Datenschnittstelle **306** der Vorrichtung **300**.

[0093] Optional kann die Vorrichtung **300** auch einen Analog-Digital-Wandler **308** aufweisen, z.B. zum Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Ausgangsspannung UA des Generators **100**. Ein von dem Analog-Digital-Wandler **308** an seinem Ausgang bereitstellbares zeit- und wertediskretes Signal kann vorteilhaft durch die Vorrichtung **300** weiter verarbeitet werden, insbesondere im Sinne der Ausführung des Verfahrens gemäß bevorzugten Ausführungsformen.

[0094] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf eine Verwendung **250**, vgl. **Fig. 9I**, des Verfahrens gemäß den Ausführungsformen und/oder der Vorrichtung **300** gemäß den Ausführungsformen und/oder des Computerprogramms PRG, PRG' gemäß den Ausführungsformen und/oder des Datenträgersignals DCS gemäß den Ausführungsformen für wenigstens eines der folgenden Elemente: a) Überwachung **250a** eines Betriebs des Generators **100**, b) Ermitteln **250b** eines vorhandenen Fehlers des Generators **100**, c) Ermitteln **250c** eines zukünftig gegebenenfalls auftretenden Fehlers des Generators **100**, d) Analysieren **250d** von Frequenzanteilen der Ausgangsspannung UA (**Fig. 1**) des Generators **100** oberhalb 10 Hertz, insbesondere oberhalb 100 Hertz, weiter insbesondere oberhalb 1000 Hertz, e) Analysieren **250e** von Frequenzanteilen der Ausgangsspannung UA des Generators **100**, die, insbesondere zumindest etwa, mit einer elektrischen Frequenz f_{el} des Generators **100** korrespondieren, wobei die elektrische Frequenz f_{el} insbesondere in Abhängigkeit der folgenden Gleichung ermittelbar ist: $f_{el} = 1 / (60 * (s/min) * (1/(2 * n_{pol} * n_{phase} * n_{Gen})))$, wobei n_{pol} eine Polpaarzahl des Generators **100** charakterisiert, wobei n_{phase} eine Anzahl der Phasen des Generators **100** charakterisiert, und wobei n_{Gen} eine Drehzahl des Generators **100** charakterisiert, f) Erkennung **250f** (**Fig. 9I**) und/oder Lokalisierung einer sich anbahnenden oder eingetretenen

Phasen-Unterbrechung **FB1** (**Fig. 2A**) des Generators **100**, g) Erkennung und/oder Lokalisierung eines sich anbahnenden oder eingetretenen Phasen-Phasen-Kurzschlusses **FB2** (**Fig. 2B**) des Generators, h) Erkennung und/oder Lokalisierung einer sich anbahnenden oder eingetretenen Dioden-Unterbrechung **FB3** (**Fig. 2C**) des Generators **100**, i) Erkennung und/oder Lokalisierung eines sich anbahnenden oder eingetretenen Dioden-Kurzschlusses **FB4** (**Fig. 2D**) des Generators **100**.

[0095] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Prinzip gemäß den Ausführungsformen vorteilhaft bei Applikationen mit erhöhten Anforderungen an eine Diagnose eingesetzt werden, wie beispielsweise Fahrzeuge mit Funktionen, die erhöhte Sicherheitsanforderungen haben, z.B. automatisiertes Fahren, autonomes Fahren, Fahrzeuge mit vergleichsweise langen Wartungsintervallen, beispielsweise Nutzfahrzeuge.

[0096] Bevorzugte Ausführungsformen sind vorteilhaft in Form eines computerimplementierten Verfahrens bereitstellbar. Dadurch kann das Prinzip gemäß bevorzugten Ausführungsformen beispielsweise auch auf eine bestehende Hardware-Plattform bzw. Vorrichtung, z.B. ähnlich der Vorrichtung **300** gemäß **Fig. 10**, angewendet werden, beispielsweise durch ein Software-Update. Weitere bevorzugte Ausführungsformen erfordern keine Modifikation bestehender Hardware.

Patentansprüche

1. Verfahren, insbesondere computerimplementiertes Verfahren, zum Betreiben eines elektrischen Generators (100), aufweisend: Ermitteln (200) einer ersten Größe (G1), die einen zeitlichen Verlauf einer Ausgangsspannung (UA) des Generators (100) charakterisiert, Vergleichen (210) der ersten Größe (G1) mit wenigstens einem vorgebbaren Muster (M1), das mit einem Fehler des Generators (100) assoziiert ist, wobei ein Vergleichsergebnis (VGL) erhalten wird, Schließen (220), in Abhängigkeit des Vergleichsergebnis (VGL), auf das Vorliegen oder Nichtvorliegen des Fehlers des Generators (100).
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Vergleichen (210) ein Vergleichen der ersten Größe (G1) mit drei oder mehr vorgebbaren Mustern aufweist, wobei insbesondere jedes der drei oder mehr vorgebbaren Muster mit jeweils einem Fehler des Generators (100) assoziiert ist.
3. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Ermitteln (200) der ersten Größe (G1) aufweist: a) Erfassen (202) eines zeitlichen Verlaufs (UA_t) der Ausgangsspannung (UA) des Generators (100), b) optional zumindest zeitweises Speichern (204) des zeitlichen Ver-

laufs (UA_t), c) Ausführen (206) einer Signalverarbeitung des zeitlichen Verlaufs (UA_t), wodurch insbesondere die erste Größe (G1) erhalten wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Ausführen (206) der Signalverarbeitung wenigstens eines der folgenden Elemente aufweist: a) Filtern (206a), insbesondere Glätten, des zeitlichen Verlaufs (UA_t) der Ausgangsspannung (UA) und/oder einer davon abgeleiteten Größe, b) Normieren (206b) des zeitlichen Verlaufs (UA_t) der Ausgangsspannung (UA) und/oder einer davon abgeleiteten Größe, bezüglich eines Mittelwerts, c) Normieren (206c) des zeitlichen Verlaufs (UA_t) der Ausgangsspannung (UA) und/oder einer davon abgeleiteten Größe, bezüglich einer Varianz.

5. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Schließen (220) aufweist: a) dann, wenn das Vergleichsergebnis (VGL) anzeigt, dass die erste Größe (G1) dem wenigstens einen vorgebbaren Muster (M1) bzw. wenigstens einem, insbesondere genau einem, von mehreren vorgebbaren Mustern, entspricht, Schließen (222) auf einen bzw. den mit dem jeweiligen Muster assoziierten Fehler, b) dann, wenn das Vergleichsergebnis (VGL) anzeigt, dass die erste Größe (G1) nicht dem wenigstens einen vorgebbaren Muster (M1) bzw. keinem von mehreren vorgebbaren Mustern, entspricht, Schließen (224) darauf, dass kein Fehler des Generators (100) vorliegt.

6. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, weiter aufweisend: Ermitteln (230), vorzugsweise aller, lokaler Maxima (K1'') der ersten Größe (G1), wobei insbesondere die lokalen Maxima (K1'') jeweils untereinander einen vorgebbaren zeitlichen Abstand (Tel) aufweisen, wobei insbesondere der vorgebbare zeitliche Abstand (Tel) in Abhängigkeit der folgenden Gleichung ermittelbar ist: $Tel = 60 \cdot (s/min) \cdot (1/(2 \cdot n_{pol} \cdot n_{phase} \cdot n_{Gen}))$, wobei n_{pol} eine Polpaarzahl des Generators (100) charakterisiert, wobei n_{phase} eine Anzahl der Phasen des Generators (100) charakterisiert, und wobei n_{Gen} eine Drehzahl des Generators (100) charakterisiert.

7. Verfahren nach Anspruch 6, weiter aufweisend wenigstens eines der folgenden Elemente: a) Ermitteln (232) eines Mittelwerts (K1') der lokalen Maxima (K1''), b) Bilden (234) einer Binärfolge (BF1) in Abhängigkeit des Mittelwerts (K1') der lokalen Maxima (K1'') und der lokalen Maxima (K1''), wobei insbesondere das Bilden (234) der Binärfolge (BF1) aufweist: Vergleichen (234a) eines lokalen Maximums (K1'') mit dem Mittelwert (K1'), Zuordnen (234b) eines ersten Binärwerts, insbesondere eins, wenn das lokale Maximum (K1'') größer ist als der Mittelwert (K1'), Zuordnen (234c) eines von dem ersten Binärwert verschiedenen zweiten Binärwerts, insbesondere Null,

wenn das lokale Maximum (K1'') kleiner, insbesondere kleiner gleich, ist als der Mittelwert (K1').

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Vergleichen (210) wenigstens eines der folgenden Elemente aufweist: a) Bereitstellen (210a) des wenigstens einen Musters (M1) in Form einer Referenz-Binärfolge, b) Bewerten (210b) einer Ähnlichkeit zwischen der ersten Größe (G1) und der Referenz-Binärfolge, c) Ermitteln (210c) einer zweiten Größe (G2), die eine Korrelation zwischen der ersten Größe (G1) und der Referenz-Binärfolge charakterisiert.

9. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, weiter aufweisend: insbesondere im Falle des Vorliegens eines Fehlers des Generators (100), Zuordnen des Fehlers des Generators (100) zu wenigstens einer Komponente des Generators (100) in Abhängigkeit des wenigstens einen vorgebbaren Musters (M1).

10. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, weiter aufweisend wenigstens eines der folgenden Elemente: a) Einleiten (240) einer Fehlerreaktion, insbesondere bei Vorliegen des Fehlers des Generators (100), b) Bewerten (242) einer Kritikalität des Fehlers, insbesondere in Abhängigkeit einer Komponente des Generators (100), der der Fehler zuordenbar ist, c) Ermitteln (244) eines Unterschieds zwischen der ersten Größe (G1) und einer vorgebbaren Referenzgröße, wobei die vorgebbare Referenzgröße insbesondere mit einem fehlerfreien Betrieb des Generators (100) assoziiert ist, d) Schließen (246) auf einen bevorstehenden Fehler des Generators (100), insbesondere in Abhängigkeit eines bzw. des Unterschieds zwischen der ersten Größe (G1) und einer bzw. der mit einem bzw. dem fehlerfreien Betrieb des Generators (100) assoziierten vorgebbaren Referenzgröße.

11. Vorrichtung (300) zur Ausführung des Verfahrens nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche.

12. Vorrichtung (300) nach Anspruch 11, wobei die Vorrichtung (300) aufweist: eine Recheneinrichtung (302), eine der Recheneinrichtung (302) zugeordnete Speichereinrichtung (304) zur zumindest zeitweisen Speicherung wenigstens eines der folgenden Elemente: a) Daten (DAT), b) Computerprogramm (PRG), insbesondere zur Ausführung des Verfahrens gemäß wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10.

13. Computerlesbares Speichermedium (SM), umfassend Befehle (PRG'), die bei der Ausführung durch einen Computer (302) diesen veranlassen, das Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10 auszuführen.

14. Computerprogramm (PRG, PRG'), umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer (302) diesen veranlassen, das Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10 auszuführen.

15. Datenträgersignal (DCS), das das Computerprogramm (PRG, PRG') nach Anspruch 14 charakterisiert und/oder überträgt.

16. Verwendung (250) des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10 und/oder der Vorrichtung (300) nach wenigstens einem der Ansprüche 11 bis 12 und/oder des Computerprogramms (PRG, PRG') nach Anspruch 14 und/oder des Datenträgersignals (DCS) nach Anspruch 15 für wenigstens eines der folgenden Elemente: a) Überwachung (250a) eines Betriebs des Generators (100), b) Ermitteln (250b) eines vorhandenen Fehlers des Generators (100), c) Ermitteln (250c) eines zukünftig gegebenenfalls auftretenden Fehlers des Generators (100), d) Analysieren (250d) von Frequenzanteilen der Ausgangsspannung (UA) des Generators (100) oberhalb 10 Hertz, insbesondere oberhalb 100 Hertz, weiter insbesondere oberhalb 1000 Hertz, e) Analysieren (250e) von Frequenzanteilen der Ausgangsspannung (UA) des Generators (100), die, insbesondere zumindest etwa, mit einer elektrischen Frequenz f_{el} des Generators (100) korrespondieren, wobei die elektrische Frequenz f_{el} insbesondere in Abhängigkeit der folgenden Gleichung ermittelbar ist: $f_{el} = 1 / (60 * (s/min) * (1/(2 * n_{pol} * n_{phase} * n_{Gen})))$, wobei n_{pol} eine Polpaarzahl des Generators (100) charakterisiert, wobei n_{phase} eine Anzahl der Phasen des Generators (100) charakterisiert, und wobei n_{Gen} eine Drehzahl des Generators (100) charakterisiert, f) Erkennung (250f) und/oder Lokalisierung (250f) einer sich anbahnenden oder eingetretenen Phasen-Unterbrechung des Generators (100), g) Erkennung (250g) und/oder Lokalisierung (250g') eines sich anbahnenden oder eingetretenen Phasen-Phasen-Kurzschlusses des Generators (100), h) Erkennung (250h) und/oder Lokalisierung (250h') einer sich anbahnenden oder eingetretenen Dioden-Unterbrechung des Generators (100), i) Erkennung (250i) und/oder Lokalisierung (250i') eines sich anbahnenden oder eingetretenen Dioden-Kurzschlusses des Generators (100).

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

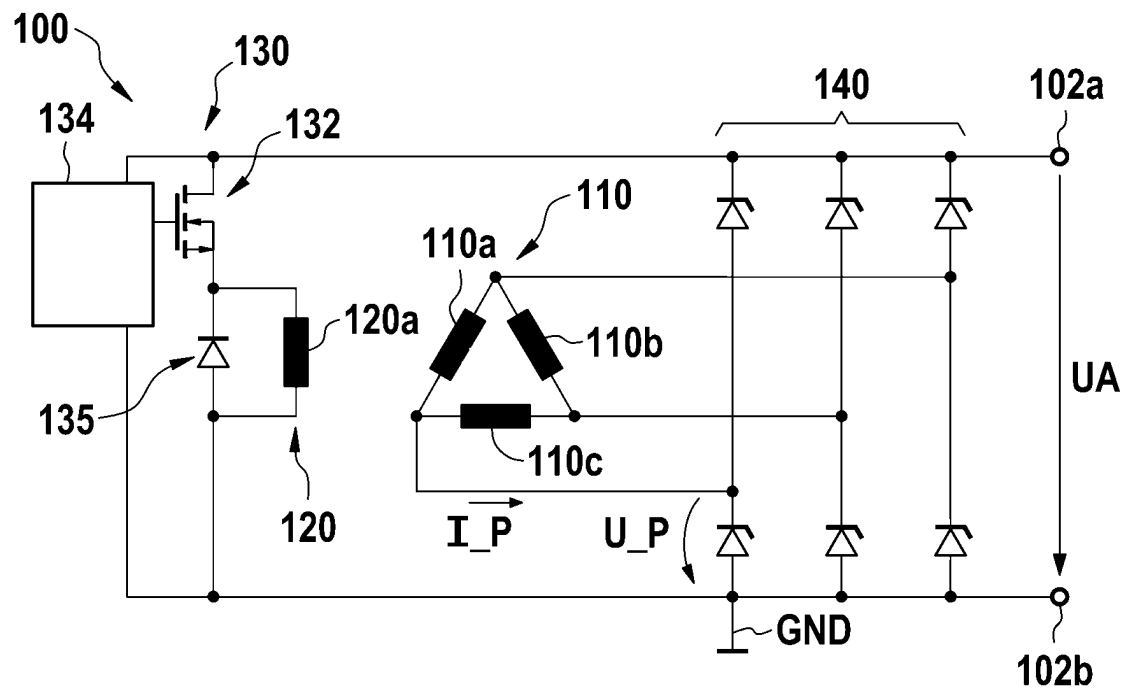
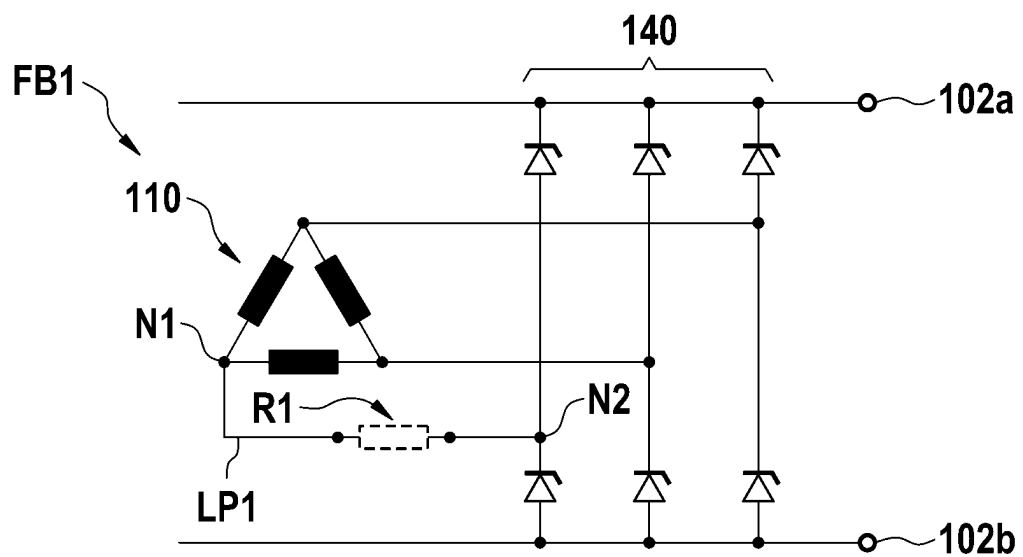


FIG. 2A



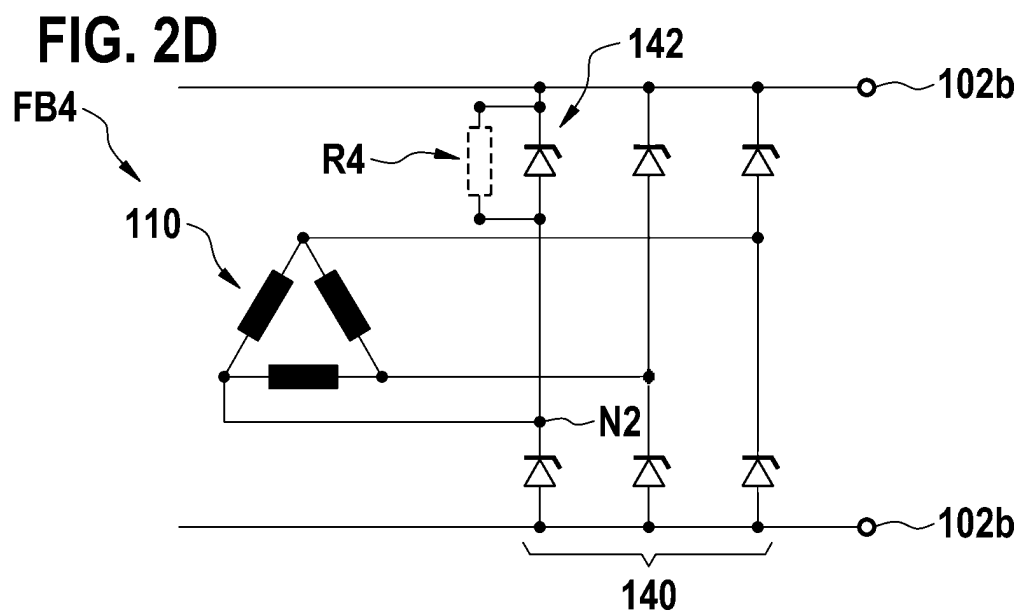
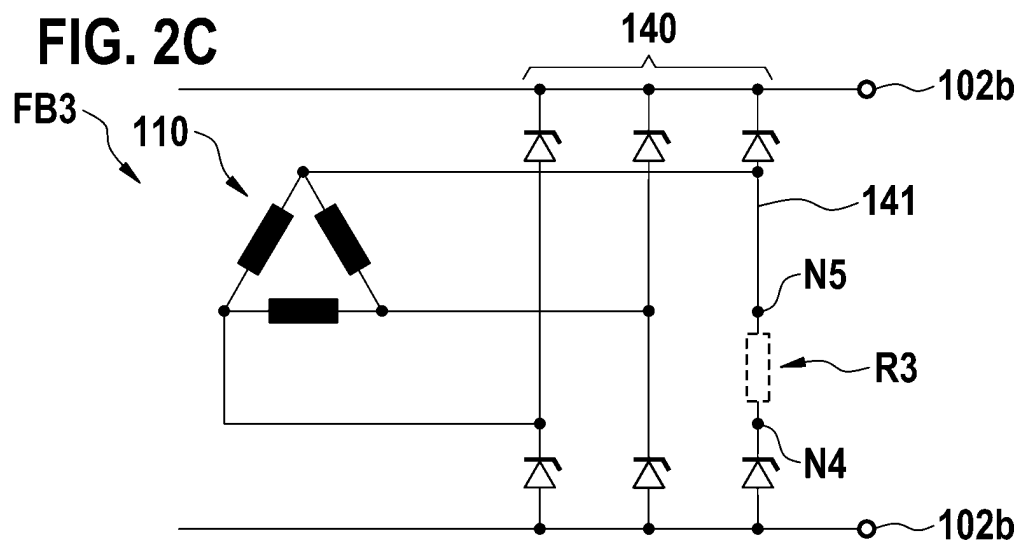
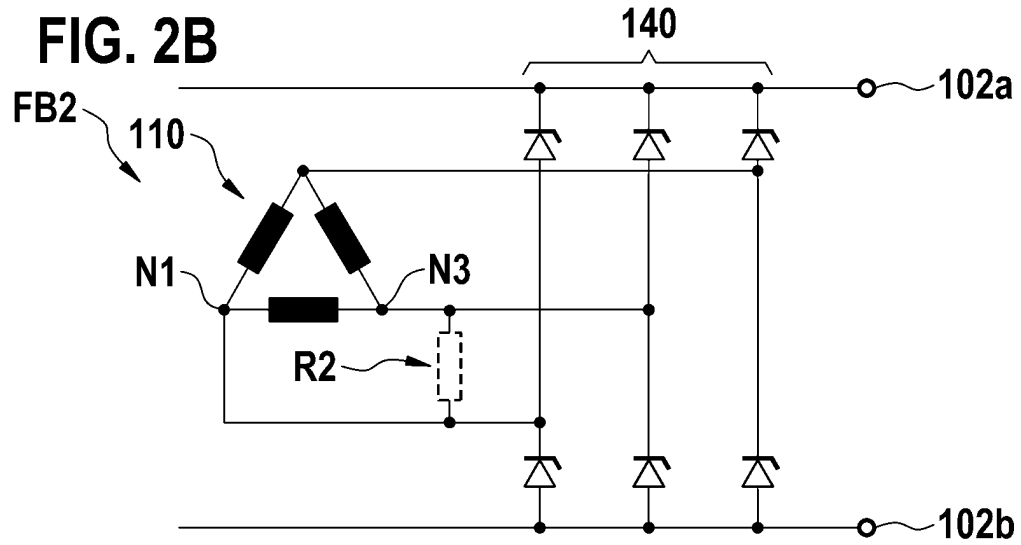


FIG. 3A

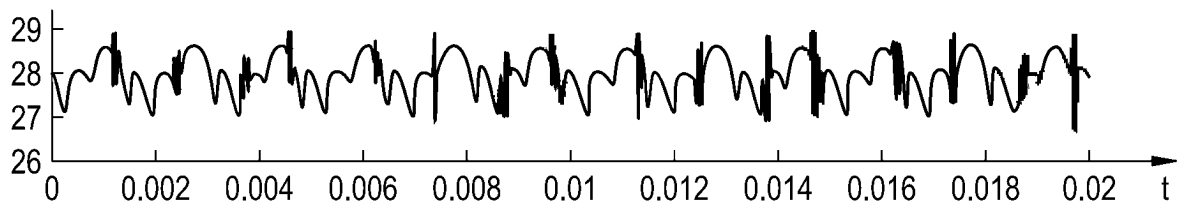


FIG. 3B

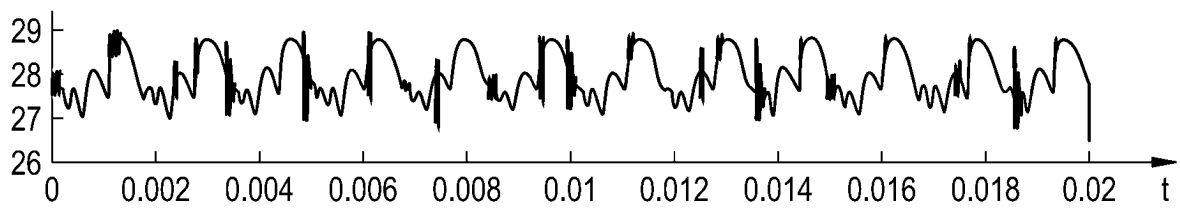


FIG. 3C

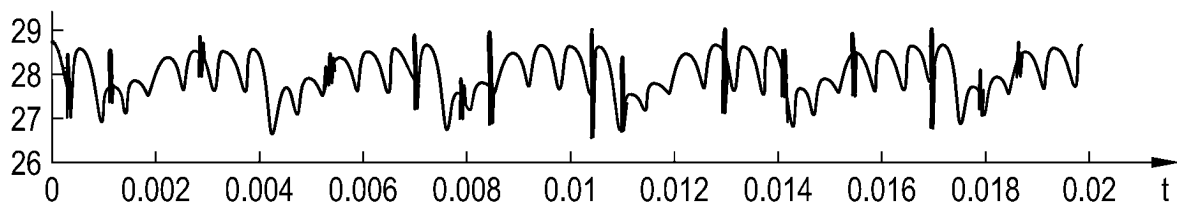


FIG. 3D

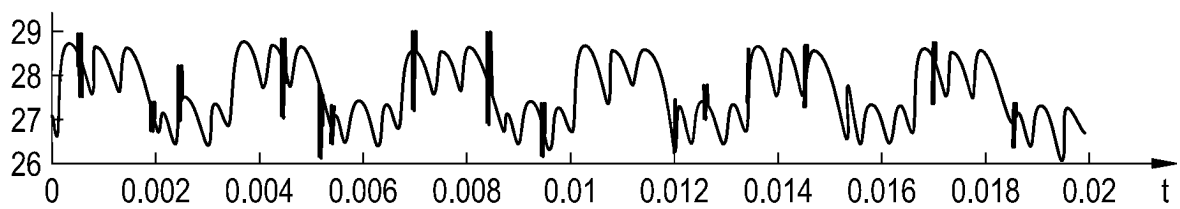
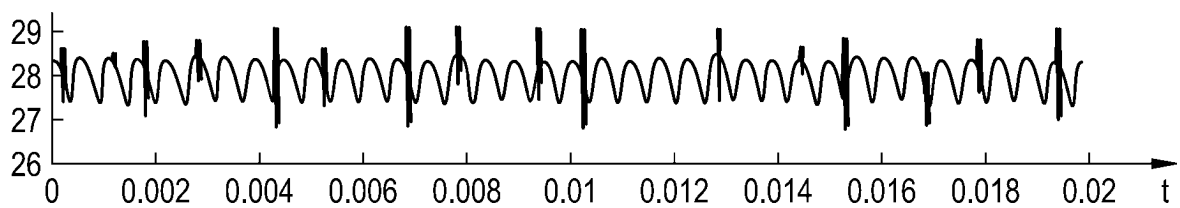


FIG. 3E



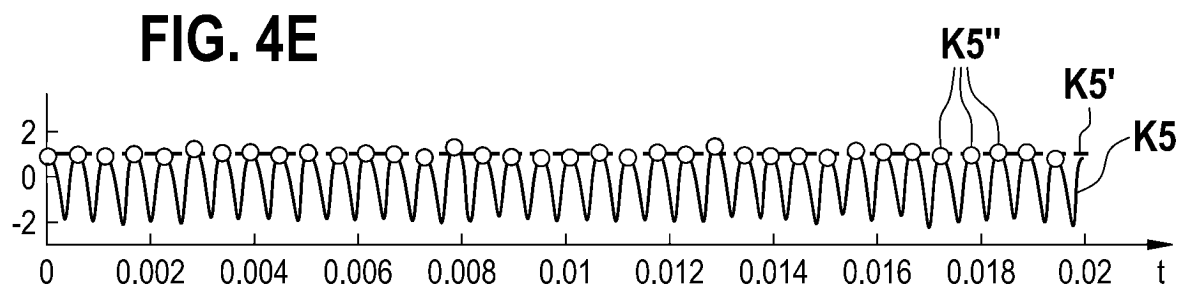
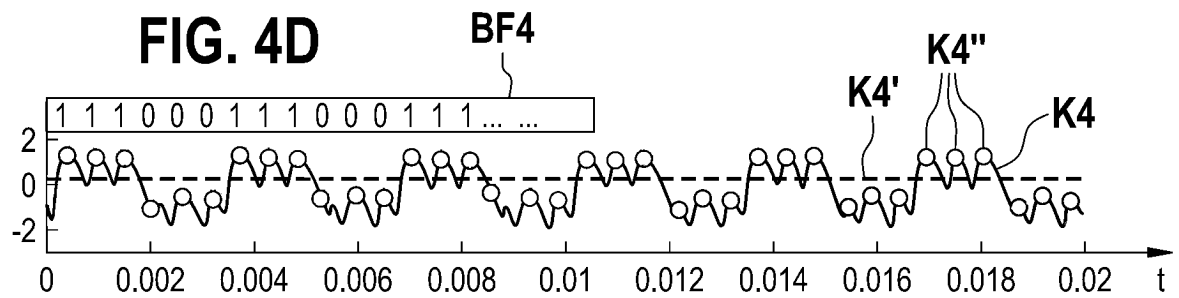
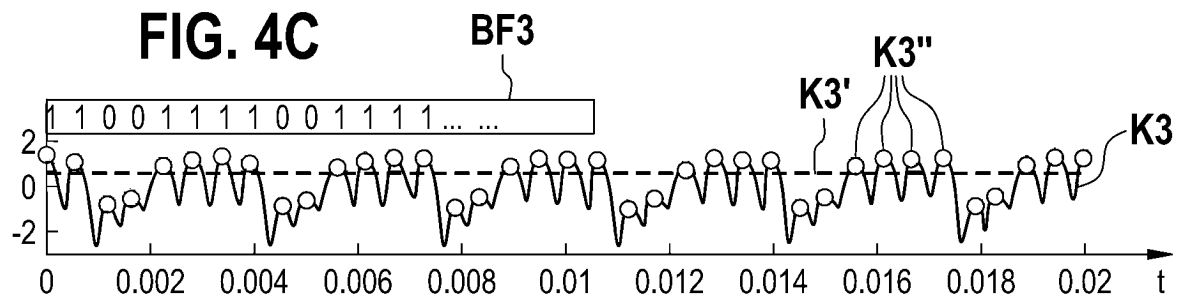
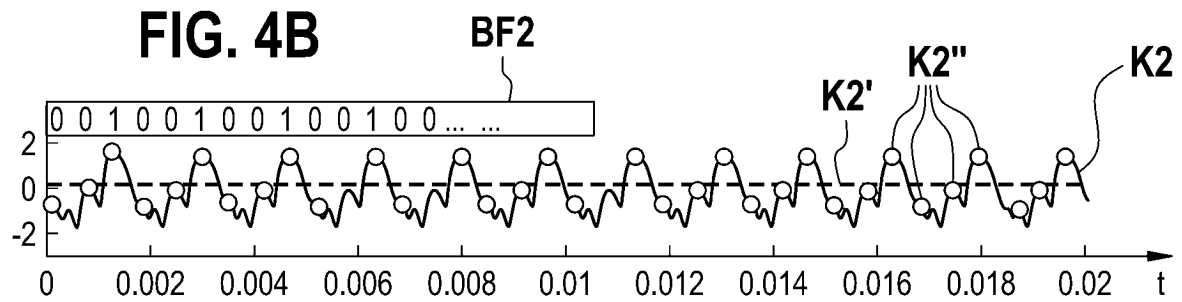
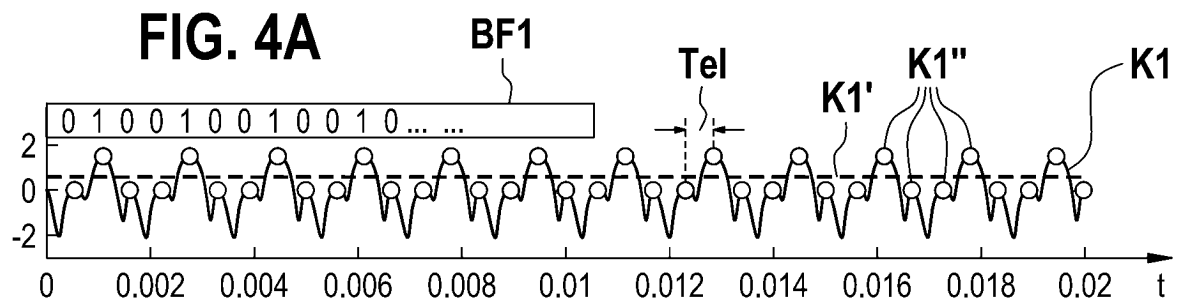


FIG. 5

SP1	SP2	
FB1, FB2	101, 11011	 Z1
FB3	1111	 Z2
FB4	111	 Z3

FIG. 6

[illegible]

FIG. 7

SP1	Index0	Index1	Index2	Index3	
FB1, FB2	5,26%	94,74%	0	0	 Z1
FB3	0	36,84%	36,84%	26,32%	 Z2
FB4	21,05%	31,58%	31,58%	15,79%	 Z3
REF	13,16%	36,84%	36,84%	13,16%	 Z4

FIG. 8

X2 ↑

Z1	843 17.6%	76 1.6%	0 0.0%	0 0.0%	91.7% 8.3%
Z2	0 0.0%	2172 45.5%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
Z3	0 0.0%	0 0.0%	1405 29.4%	0 0.0%	100 0.0%
Z4	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	281 5.9%	100% 0.0%
	100% 0.0%	96,6% 3.4%	100% 0.0%	100% 0.0%	98.4% 1.6%
	SP1	SP2	SP3	SP4	

→ **X1**

FIG. 9A

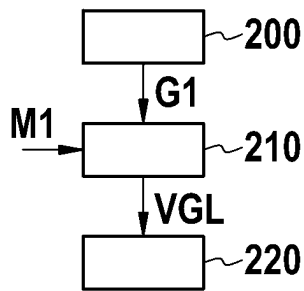


FIG. 9B

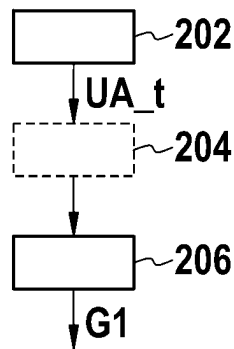


FIG. 9c

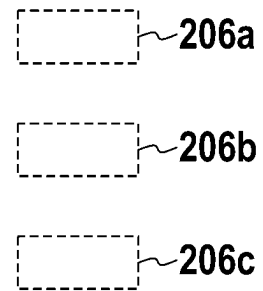


FIG. 9D

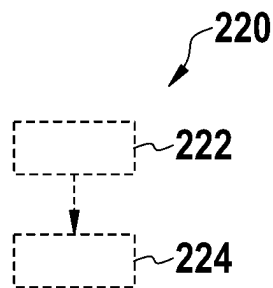


FIG. 9E

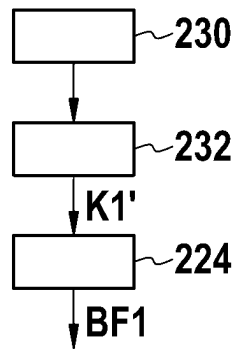


FIG. 9F

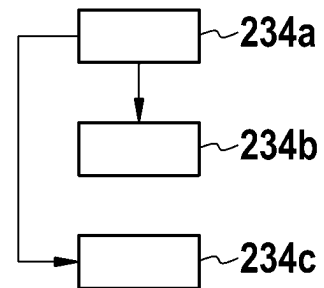


FIG. 10

