



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 124 822.6**

(22) Anmeldetag: **24.10.2017**

(43) Offenlegungstag: **26.04.2018**

(51) Int Cl.: **G01R 31/04** (2006.01)

G01R 27/02 (2006.01)

B60R 16/03 (2006.01)

G01R 31/02 (2006.01)

B62D 5/04 (2006.01)

B60W 10/20 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
15/333,216 **25.10.2016** **US**

(71) Anmelder:
**GM Global Technology Operations LLC, Detroit,
Mich., US**

(74) Vertreter:
**Manitz Finsterwald Patentanwälte PartmbB, 80336
München, DE**

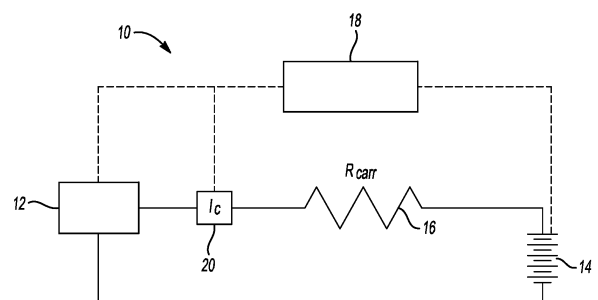
(72) Erfinder:
**Lin, Wen-Chiao, Warren, Mich., US; Du, Xinyu,
Warren, Mich., US; Ghoneim, Youssef A., Warren,
Mich., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **STROMANSCHLUSS-PROGNOSESYSTEME UND -VERFAHREN FÜR ELEKTROMOTOREN**

(57) Zusammenfassung: Ein Fahrzeug beinhaltet einen elektrisch angetriebenen Motor, der konfiguriert ist, eine Fahrzeugkomponente zu betätigen, und eine Stromquelle, die konfiguriert ist über eine elektrische Schaltung Strom an den Motor zu liefern. Das Fahrzeug beinhaltet auch eine Steuerung, die programmiert ist, mindestens ein Signal zu überwachen, das die Motorleistung anzeigt, und Daten zu speichern, die einen Widerstand in der Schaltung anzeigen. Die Steuerung ist außerdem programmiert, ein Widerstandszustandssignal in Reaktion darauf auszugeben, dass der Widerstand in der Schaltung einen vorgegebenen Widerstandsschwellenwert überschreitet.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft die Fehlerprognose und -erfassung bezüglich einer elektrischen Schaltung.

EINLEITUNG

[0002] Leistungsverbinder stellen eine physikalische Verbindung zwischen zwei elektrischen Vorrichtungen, wie beispielsweise einer elektrischen Leitung und einer elektrisch betriebenen Komponente, bereit. Verschiedene Systeme, wie Fahrzeuge, Flugzeuge, Seeschiffe, Gebäudeverdrahtung, Computer, Elektronik, Roboter usw., beinhalten oft viele Drähte, Verbinder, Klemmen, elektrische Kabelbäume, die einen elektrischen Spannungspfad für verschiedene Systeme, Subsysteme, Steuerungen, Sensoren, Stellglieder usw. liefern. Die elektrischen Systeme in einem Fahrzeug können beispielsweise eine Anzahl an Verbindern mit mehreren Anschlüssen beinhalten, die simultan eine Anzahl an Drähten verbinden. Viele solche Verbinder liegen in Bereichen, die anfällig für Feuchtigkeit und Faktoren sind, welche die Korrosion der metallischen Anschlüsse beschleunigen können. Eine derartige Korrosion in einem Stromkreis kann dazu führen, dass Komponenten Fehlfunktionen und/oder Betriebsausfälle aufweisen, obwohl eine Verbindung dem Augenschein nach intakt sein mag. In bestimmten Systemen, wie elektrischen Servolenkungen für Fahrzeuge, kann es sinnvoll sein, einen herabgesetzten Stromfluss zu erfassen oder sogar vorherzusagen, ehe die Systemleistung beeinflusst wird.

ZUSAMMENFASSUNG

[0003] Ein Fahrzeug beinhaltet einen elektrisch angetriebenen Motor, der konfiguriert ist, eine Fahrzeugkomponente zu betätigen, und eine Stromquelle, die konfiguriert ist über eine elektrische Schaltung Strom an den Motor zu liefern. Das Fahrzeug beinhaltet auch eine Steuerung, die programmiert ist, mindestens ein Signal zu überwachen, das die Motorleistung anzeigt, und Daten zu speichern, die einen Widerstand in der Schaltung anzeigen. Die Steuerung ist außerdem programmiert, ein Widerstands-Zustandssignal in Reaktion darauf auszugeben, dass der Widerstand in der Schaltung einen vorgegebenen Widerstandsschwellenwert überschreitet.

[0004] Ein Verfahren zur Erzeugung einer Widerstandsprognose für eine elektrische Schaltung beinhaltet das Bereitstellen einer motorgetriebenen Komponente, die über einen elektrischen Stromkreis bestromt wird, und das Sammeln eines Datensatzes, der die Leistung der motorgetriebenen Komponente anzeigt. Das Verfahren beinhaltet auch das Berechnen eines Widerstandswertes, der einer vorgegebenen Stelle innerhalb der elektrischen Schaltung entspricht. Das Verfahren beinhaltet des Weiteren das Indexieren eines Fehlerzählers in Reaktion darauf, dass der Widerstand größer ist als ein vorgegebener Widerstandsschwellenwert und das Ausgeben einer Zustandsmeldung in Reaktion darauf, dass der Fehlerzähler einen Fehlerzähler-Schwellenwert überschreitet.

[0005] Ein Schaltungsprognosesystem beinhaltet eine Stromquelle, die konfiguriert ist, einer Last Strom zu liefern, und einen elektrisch angetriebenen Motor, der konfiguriert ist, eine Fahrzeugkomponente zu betätigen. Eine Schaltung wird bereitgestellt, um die Stromquelle elektrisch mit dem Motor zu verbinden, um Energie zu übertragen. Das Schaltungsprognosesystem beinhaltet auch eine Steuerung, die programmiert ist, mindestens ein Signal zu überwachen, das die Motorleistung anzeigt, und Daten zu speichern, die einen Widerstand in der Schaltung anzeigen. Die Steuerung ist außerdem programmiert, ein Widerstands-Zustandssignal in Reaktion darauf auszugeben, dass der Widerstand in der Schaltung einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer elektrischen Schaltung.

Fig. 2 ist eine schematische Darstellung einer alternativen Ausführungsform einer elektrischen Schaltung.

Fig. 3 ist ein Flussdiagramm eines Datensammlungsalgorithmus.

Fig. 4 ist ein Flussdiagramm eines Fehlerprognosealgorithmus.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0006] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden hierin beschrieben. Es versteht sich jedoch, dass die offenbarten Ausführungsformen lediglich Beispiele sind und andere Ausführungsformen verschiedene und alternative Formen annehmen können. Die Figuren sind nicht unbedingt maßstabsgerecht; einige Merkmale können größer oder kleiner dargestellt sein, um die Einzelheiten bestimmter Komponenten zu veranschaulichen. Folglich sind die hierin offenbarten aufbau- und funktionsspezifischen Details nicht als einschränkend zu verstehen, sondern lediglich als repräsentative Grundlage, um den Fachleuten die verschiedenen Arten und Weisen der Nutzung der vorliegenden Erfindung zu vermitteln. Wie der Fachleute verstehen, können verschiedene Merkmale, die mit Bezug auf beliebige der Figuren dargestellt und beschrieben werden, mit Merkmalen kombiniert werden, die in einer oder mehreren anderen Figuren dargestellt sind, um Ausführungsformen zu erzeugen, die nicht explizit dargestellt oder beschrieben sind. Die dargestellten Kombinationen von Merkmalen stellen repräsentative Ausführungsformen für typische Anwendungen bereit. Beliebige Kombinationen und Modifikationen der Merkmale, die mit den Lehren dieser Offenbarung übereinstimmen, könnten jedoch für bestimmte Anwendungen und Implementierungen erwünscht sein.

[0007] Automobile können zahlreiche elektronische Steuergeräte (ECUs) beinhalten, die konfiguriert sind, diverse unterschiedliche Teilsysteme des Fahrzeugs zu steuern, wie Motor, Getriebe, Airbags, Antiblockiersystem, Tempomat, elektrische Servolenkung, Audiosysteme, Fenster, Türen und Spiegelverstellung, um nur einige zu nennen. Die ECUs können eine Reihe verschiedener Steueralgorithmen und -schemata verwenden, einschließlich Proportional-Integral-Derivativ-Steuerung (PID-Steuerung), um eine der diversen Fahrzeugkomponenten zu steuern. Jedes Teilsystem steht in Verbindung mit einer oder mehreren Stromquellen wie einer Batterie oder einem anderen elektrischen Speichersystem. Wenn ein ECU versagt oder nur mangelhaft funktioniert, kann dies zu einer Verschlechterung der Fahrzeugleistung führen oder das Fahrzeug komplett manövrierunfähig machen. Das Problem kann aber ursächlich nicht von dem ECU selbst stammen, sondern von einer elektronischen Störung, der in einer Stromversorgungsschaltung eines gegebenen Subsystems auftritt. Mit anderen Worten können Störungen eher in einer Stromversorgungsleitung auftreten, als dass es sich um einen Fehler in einer ECU selbst handeln würde. In einem konkreten Beispiel können elektrische Verbinder anfälliger für Störungen im Zusammenhang mit der notwendigen physikalischen Diskontinuität sein, die sich auf Notwendigkeiten der Herstellung bezieht.

[0008] Das nachfolgend beschriebene System und Verfahren sind konfiguriert, Fehler in Stromverbindern wie Korrosion und Erdfehler zu erfassen, indem sie Stromkreiswiderstandsmessungen verwenden. Während der Ansatz und die Methodik bezüglich der Fahrzeug-Stromversorgungssysteme weiter unten beschrieben sind, versteht sich für Experten, dass die Anwendung in der Fahrzeugindustrie nur ein Beispiel ist und dass die hierin dargestellten Konzepte auf alle anderen geeigneten Stromversorgungssysteme angewendet werden können, wie beispielsweise allgemeine industrielle Automatisierung, Luftfahrt, Seefahrzeuge und Verbrauchsgüter, um nur wenige zu nennen. Die Verwendung des Begriffs „Fahrzeug“ ist auch weit auszulegen, und beinhaltet nicht nur Pkw, sondern alle anderen Fahrzeuge, unter anderem auch Motorräder, Lkw, SUV, Wohnmobile, Wasserfahrzeuge und Flugzeuge. Die hierin beschriebenen Systeme und Verfahren können bordeigen in einem Fahrzeug, außerhalb von Fahrzeugen in Servicewerkzeugen sowie in fahrzeugexternen Servern in Verbindung mit dem Fahrzeug implementiert werden. Die Prognosetechniken sind fähig, sowohl intermittierende als auch dauerhafte Massefehler in einem Stromliefersystem zu erfassen. Insofern können manche Beispiele beinhalten, dass die hierin beschriebenen Verfahren eher in einem Servicewerkzeug als in einem ECU oder Gateway implementiert werden können. Obwohl nachstehend mit Bezug auf ein Stromliefersystem beschrieben, welches die ECUs von Teilsystemen enthält, wird ein gewöhnlicher Fachmann auf dem Gebiet einsehen, dass die hierin offenbarten Verfahren ebenso für Stromliefersysteme ohne lokale Teilsystemsteuerungen anwendbar sind.

[0009] Andere frühere Diagnoseverfahren können einen CAN-Kommunikationsbus als Mechanismus zur Erfassung von Schaltungsfehlern verwenden, diese sind jedoch insofern begrenzt, als sie nicht die Erhöhung des Widerstandes in Stromleitungen erfassen können (wie eine Erhöhung des Widerstandes aufgrund von Korrosion). CAN-Erfassungsverfahren können auch keine Fehler innerhalb einer integralen ECU-Steuerung innerhalb einer Motorkomponente, aber ohne einen CAN-Sender-Empfänger (z. B. eine durch LIN oder Ethernet verbundene ECU) erfassen - diese Verfahren sind im Allgemeinen auf das Erfassen von massefreien Zuständen und Masseversätzen beschränkt.

[0010] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** zeigt eine exemplarische schematische Darstellung einer Schaltung **10** eine elektrische Verbindung zwischen einer Komponente **12** und einer Stromquelle **14**. Ein Leitungswiderstand der Schaltung wird durch Widerstandskörper **16** dargestellt. Ein Stromsensor **20** befindet sich ebenfalls in der Schaltung, um den Stromfluss durch die Schaltung nahe dem Sensor zu erfassen. Gemäß Aspekten der vor-

liegenden Offenbarung kann die Schaltung **10** einen elektrischen Verbinder darstellen, der zwischen der Komponente und der Stromquelle angeordnet ist, wie eine Anschlussklemme, eine trennbare Verbindung aus Stecker und Buchse oder einen anderen in der Technik bekannten Verbinder. Je nach Umgebung kann die elektrische Verbindung Umwelteinflüssen wie Feuchtigkeit oder anderen die Korrosion beschleunigenden Faktoren ausgesetzt sein. Die Ansammlung von Korrosion an Verkabelungs- oder Steckverbindungen kann beispielsweise eine Erhöhung des Widerstands der Schaltung bewirken. Derartige Korrosions- und/oder Massefehler in der Schaltung können als ein Schaltungswiderstandskörper modelliert werden, der einen Widerstand aufweist R_{corr} . In der exemplarischen schematischen Darstellung in **Fig. 1** beeinflusst der erhöhte Widerstand R_{corr} die Leistung der Komponente **12**.

[0011] Die Komponente **12** aus **Fig. 1** kann jede Anzahl an Fahrzeugkomponententypen sein, die durch das Auftreten von Korrosion betroffen sind. Komponenten, die vom Betrieb eines oder mehrerer Elektromotoren abhängen, können durch Aspekte der vorliegenden Offenbarung besonders verbessert werden. In einem konkreten Beispiel kann eine elektronische Servolenkung (EPS), die durch einen Elektromotor angetrieben wird, in einem Nassbereich untergebracht sein, sodass Feuchtigkeit letztlich die elektrischen Anschlüsse schädigen kann. Andere Beispiele beinhalten elektrisch verstärkte, motorgetriebene Bremssysteme, Gleichstrommotor-Fensterheber und Hochspannungs-Fahrmotoren.

[0012] Das hierin erörterte EPS-System kann von einer oder mehreren zugeordneten Steuerung(en) gesteuert und überwacht werden. Die Steuerung **18**, obwohl schematisch als einzelne Steuerung dargestellt, kann als eine Steuerung oder als ein System von zusammen wirkenden Steuerungen zur kollektiven Verwaltung des EPS-Systems umgesetzt werden. Die Kommunikation zwischen mehreren Steuerungen und die Kommunikation zwischen Steuerungen, Stellgliedern bzw. Sensoren kann unter Verwendung einer direkten drahtgebundenen Verbindung, einer vernetzten Kommunikationsbusverbindung, einer drahtlosen Verbindung, eines seriellen peripheren Schnittstellenbusses oder einer beliebigen anderen geeigneten Kommunikationsverbindung erfolgen. Kommunikationsinhalte beinhalten das Austauschen von Datensignalen auf jede beliebige geeignete Art. Hierzu zählen unter anderem z. B. auch elektrische Signale über ein leitfähiges Medium, elektromagnetische Signale über die Luft, optische Signale über Lichtwellenleiter und dergleichen. Datensignale können Signale, die Eingaben von Sensoren repräsentieren, die Stellgliedbefehle repräsentieren und Kommunikationssignale zwischen den Steuerungen beinhalten. In einem speziellen Beispiel kommunizieren mehrere Steuerungen über einen seriellen Bus (z. B. Controller Area Network (CAN)) oder über separate Leiter miteinander. Die Steuerung **18** enthält einen oder mehrere digitale Computer, die jeweils einen Mikroprozessor oder eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU), einen Festwertspeicher (ROM), einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM), einen elektrisch programmierbaren Nur-Lese-Speicher (EPROM), einen Hochgeschwindigkeits-Taktgeber, eine Analog-Digital-(A/D) und eine Digital-Analog-Schaltung (D/A) sowie Ein-/Ausgabeschaltungen und Geräte (I/O) sowie eine entsprechende Signalaufbereitung und Puffer-Schaltung aufweisen. Die Steuerung **18** kann auch eine Anzahl an Algorithmen oder computerausführbaren Anweisungen speichern, die erforderlich sind, um Befehle zum Ausführen von Aktionen wie der Prognose gemäß der vorliegenden Offenbarung zu erteilen.

[0013] Steuermodul, Modul, Steuerung und ähnliche Begriffe, die hierin verwendet werden, sind alle geeigneten Vorrichtungen oder verschiedene Kombinationen von Vorrichtungen, einschließlich anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASIC), elektronische Schaltungen, zentrale Verarbeitungseinheiten (vorzugsweise Mikroprozessoren) und dazugehörige Arbeits- und Datenspeicher (Lesespeicher, programmierbare Lesespeicher, Direktzugriffsspeicher, Festplattenlaufwerke usw.), die ein oder mehrere Software- oder Firmware-Programme ausführen oder kombinatorische Logikschaltung(en), Eingangs-/Ausgangsschaltung(en) und -geräte, entsprechende Signal-Konditionierungs- und Pufferschaltungen ausführen, sowie weitere Komponenten, die die beschriebene Funktionalität bereitstellen. Die Steuerung **18** beinhaltet einen Satz von Steueralgorithmen, einschließlich residenter Softwareprogrammanweisungen und Kalibrierungen, die im Speicher gespeichert sind und ausgeführt werden, um die gewünschten Funktionen bereitzustellen. Die Algorithmen können während voreingestellter Schleifenzyklen ausgeführt werden. Algorithmen werden zum Beispiel durch eine zentrale Verarbeitungseinheit ausgeführt und dienen dazu, die Eingänge der Sensorgeräte und anderer vernetzter Steuermodule zu überwachen und um Steuer- und Diagnoseroutinen auszuführen, um den Betrieb von Stellantrieben zu steuern. Schleifenzyklen können in regelmäßigen Intervallen während des laufenden Fahrzeugbetriebes ausgeführt werden. Alternativ können Algorithmen auch in Reaktion auf das Auftreten eines weiteren Ereignisses ausgeführt werden, das die Steuerung beobachtet.

[0014] Gemäß Aspekten der vorliegenden Offenbarung kann der Korrosionswiderstand R_{corr} auf Grundlage von Signalen berechnet werden, die bereits für die PID-Steuerung genutzt und durch einzelnen Komponenten erzeugt werden. So kann beispielsweise die Komponenten-Spannung V_C zum Zweck der genauen Komponenten-

ten-Steuerung überwacht werden. Desgleichen wird die Batterieklemmen-Spannung V_B ebenfalls gemessen, um die Batterieleistung zu verfolgen und zu überwachen, wie auch den Zustand der Batterie selbst. Betrachtet man die vereinfachte Schaltung aus **Fig. 1**, kann der Verbinders-Widerstand R_{corr} durch Gleichung (1) unten gekennzeichnet werden.

$$R_{corr} = \frac{V_B - V_C}{I_C} \quad (1)$$

[0015] In mindestens einem Beispiel kann die Stromaufnahme I_C der Komponente, die durch eine Stelle entlang der Schaltung läuft, direkt mit einem Stromsensor gemessen werden. Somit kann der Widerstand, R_{corr} der durch eine Korrosion oder einen anderen Fehlerzustand verursacht wird, aus direkten Messungen unter Verwendung von Gleichung (1) geschätzt werden. Die Steuerung **18** kann dann einen oder mehrere Befehle auf Grundlage eines Vergleichs mit dem Widerstandsschwellwert ausgeben. In mindestens einem Beispiel kann der geschätzte R_{corr} mit einem bekannten Schaltungsausgangswiderstand R abgeglichen werden. Auf diese Weise wird ein übermäßiger Widerstand in der Schaltung, beispielsweise bedingt durch die Bildung von Korrosion, rechtzeitig erkannt werden, um einen Widerstands-Fehlerzustand anzuzeigen.

[0016] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** bietet eine EPS-Einheit **312** dem Fahrzeug eine motorgetriebene Servolenkung. Die EPS-Einheit **312** empfängt Energie von der Stromquelle **314** durch die Schaltung **300**. Ähnlich vorherigen Ausführungsformen kann die Schaltung **300** als elektrischer Verbinder angesehen werden, der zwischen der Stromquelle **314** und der Komponente (d. h. der EPS-Einheit **312**) angeordnet ist. Widerstand über die Schaltung **300** wird als Widerstandskörper **316** modelliert. Eine Steuerung **318** steht sowohl mit der EPS-Einheit **312** als auch der Stromquelle **314** in Verbindung. Die EPS-Einheit **312** beinhaltet einen Motor, um ein Drehmoment T zum Antrieb eines Ritzels auszugeben, um eine Zahnstange (nicht dargestellt) des Fahrzeugs zu betätigen. Die EPS-Einheit **312** kann auch eine interne Steuerung oder elektronisches Steuergerät aufweisen, das statische Parameter des Motors speichert und dynamische Betriebszustände überwacht. So kann beispielsweise der Motor mit einem oder mehreren Halleffekt-Sensoren oder sonstigen Messmitteln zur Überwachung der Winkelstellung des Lenkrades θ_{STG} und/oder der Drehzahl ω der Motorabtriebswelle ausgerüstet sein. Die Motordrehzahl ω ist durch die unten stehende Gleichung (2) gekennzeichnet, wobei θ_{STG} der Lenkwinkelgradient und n ein fester Übersetzungsfaktor ist, der auf einer Untersetzung zwischen dem Motor und der Änderungsrate des Lenkwinkels basiert.

$$\omega = n \dot{\theta}_{STG} \quad (2)$$

[0017] Die mechanische Leistungsabgabe des Motors kann durch das Drehmoment mal Motordrehzahl ω gekennzeichnet werden. In sollte eingesehen werden, dass eine Motorwinkelgeschwindigkeit in bestimmten alternierenden Beispielen verwendet werden kann. So können beispielsweise andere motorgetriebene Systeme, einschließlich Nichtfahrzeugsystemen, Aspekte der vorliegenden Offenbarung einsetzen, wobei sie die Motorwinkelgeschwindigkeit verwenden, um die mechanische Kraft abzuleiten.

[0018] Das Motorabtriebsmoment T kann direkt durch das Motor-ECU gemessen und an die Steuerung **318** ausgegeben werden. In alternativen Beispielen kann das Motormoment nicht direkt überwacht, sondern indirekt unter Verwendung anderer Motorparameter bestimmt werden. In einem Beispiel kann der Motorstrom I_M stellvertretend für das Ausgabedrehmoment verwendet werden, in dem eine Übertragungsfunktion auf Grundlage von Motoreigenschaften angewandt wird.

$$\text{Leistung}_{\text{Mechanisch}} = T n \dot{\theta}_{STG} \quad (3)$$

[0019] Im Beispiel aus **Fig. 2** kann der Schaltungswiderstand indirekt ohne zugehörigen Stromsensor bestimmt werden. Betriebsparameter des Motors selbst können verwendet werden, um den Schaltungswiderstand R_{corr} zu berechnen. Sofern kein zusätzlicher Sensor vorhanden ist, um I_C direkt zu messen, kann ein Äquivalenzwert aus den gemessenen Parametern abgeleitet werden. Im Allgemeinen ist die über die Schaltung

an den Motor gelieferte Energie (d. h., $V_C I_C$) gleich der Gesamtenergieabgabe durch den Motor (d. h., $V_M I_M$), abzüglich des durch das ECU verwendeten Stroms, wie in Gleichung (4) untenstehend zu sehen. V_M ist die Motorspannung, nachdem die Steuerung (z. B. Pulsweitenmodulation (PWM)) auf die Komponentenspannung V_C angewandt wurde. Diese Beziehung kann verwendet werden, um den Schaltungsstrom I_C abzuleiten.

$$\text{Leistung} = V_C I_C = V_M I_M + \text{ECU Verwendung} \quad (4)$$

[0020] Die gesamte Leistungsausgabe des Motors, $V_M I_M$, beinhaltet die mechanische Kraftabgabe, den Leistungsverlust durch den internen Widerstand des Motors und Rauschen. Doch mögen in vielen Fällen sowohl das Rauschen als auch der ECU-Stromverbrauch vernachlässigbar sein, wo der Motorstrom I_M hinreichend groß ist. Die untenstehende Gleichung (5) beinhaltet Terme, wo gemessene Parameter verwendet werden, um die Motorleistung abzuleiten.

$$V_M I_M = I_M^2 R + T n \dot{\theta}_{STG} + \text{Rauschen} \quad (5)$$

[0021] Der durch den Motor geleitete Strom I_M kann durch das ECU gemessen werden, und n und R sind fixe charakteristische Motorparameter, die in einem Speicher der ECU abgelegt sein können. Wie oben erörtert können sowohl T als auch θ_{STG} durch das Motor-ECU ausgegeben werden. Falls sowohl das Rauschen als

auch die ECU-Nutzung vernachlässigt werden, kann $I_M^2 R + T n \dot{\theta}_{STG}$ gegen $V_C I_C$ ausgetauscht werden, um den Korrosionswiderstand ohne eine direkte Strommessung in der Schaltung zu schätzen. Der geschätzte Korrosionswiderstand R_{corr} folgt einem ähnlichen Widerstandstrend wie dem unter Verwendung von I_C , das direkt durch einen Sensor gemessen wurde, berechneten, wie in bisherigen Ausführungsformen erörtert.

$$\hat{R}_{corr} = \frac{V_B - V_C}{I_C} * \frac{V_C}{V_C} = \frac{(V_B - V_C) V_C}{I_M^2 R + T n \dot{\theta}_{STG}} \quad (6)$$

[0022] Somit kann R_{corr} durch die Steuerung **318** berechnet und mit einer beliebigen Anzahl an vordefinierten Schwellen abgeglichen werden. Wie weiter unten noch näher erörtert wird, können mehrere Schwellen gespeichert werden, wobei jede einem unterschiedlichen Widerstandsfehlerzustand entspricht.

[0023] Die oben beschriebenen Techniken zur Schätzung wurden unter Bezugnahme auf ein EPS-System dargestellt, können aber ähnlich auf jegliches von einem Elektromotor angetriebene System Anwendung finden. Schaltungen in Zusammenhang beispielsweise mit motorgetriebenen elektrischen Bremskraftverstärkersystemen, Scheibenwischemotoren, Fensterhebermotoren und Fahrzeug-Antriebsmotoren können alle aus der Erfassung der Zunahme des Widerstandes durch Korrosion profitieren. Zusätzlich können bestimmte Nicht-Fahrzeuganwendungen gleichermaßen von den offenbarten Systemen und Verfahren profitieren. Herstellungssysteme mit Elektromotoren, Kühlschankkompressormotoren und motorgetriebene Waschmaschinen und Trockner, sind beispielsweise sämtlich für Korrosion im Stromzufuhrverbindungen anfällig und können von der hierin offenbarten Prognosetechnik profitieren. Jeder der alternativen Anwendungen kann einzigartige Stromausgabeterme basierend auf dem jeweils verwendeten Motor, der Stromquelle und der Lebensdauer des elektrischen Systems haben.

[0024] Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** stellt Verfahren **400** einen Algorithmus zum Sammeln von Daten dar, um R_{corr} für ein motorgetriebenes EPS-System zu schätzen. Der Algorithmus beinhaltet das Bestimmen des Punktes, an dem die notwendigen Eingangsdaten zur Schätzung des Schaltungswiderstandes zu sammeln sind, um Widerstandsfehler zu erfassen. Sobald das Verfahren einsetzt, kann eine Steuerung programmiert werden, während einer vorgegebenen Verweilzeit zu pausieren, ehe bestimmt wird, ob das EPS-System in einem geeigneten Zustand ist, um mit dem Aufzeichnen von Daten zu beginnen. Bei Schritt **402** wartet die Steuerung für eine vorgegebene Verweilzeit t_1 . In einem Beispiel kann die Verweilzeit ungefähr 200 ms betragen.

[0025] Bei Schritt **404** beinhaltet der Algorithmus die Beurteilung des Motorzustandes, um zu bestimmen, ob der Motor in Betrieb ist. Eine Steuerung kann ein Signal empfangen, das das EPS-Motorabtriebsmoment T anzeigt. Wenn bei Schritt **406** das Motorabtriebsmoment T größer als eine vorgegebene Schwelle T_1 ist, dann ist das Drehmoment ein Hinweis darauf, dass der EPS-Motor aktiv Drehmoment ausgibt, um das Fahrzeug zu lenken. Falls in alternativen Ausführungsformen das Motorabtriebsmoment nicht direkt gemessen wird, können alternative Parameter anstelle des Abtriebsmoments verwendet werden. In einem alternativen Beispiel kann der Motorstrom I_M stellvertretend für das Drehmoment verwendet werden, wobei die beiden Werte durch eine geeignete Übertragungsfunktion in Relation gesetzt werden können. Ist I_M größer als eine vorgegebene Stromschwelle, kann die Datensammlung eingeleitet werden. In einem zweiten alternativen Beispiel kann ein Lenkradwinkel θ_{STG} , der größer als ein vorgegebener Lenkwinkel ist, während die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht Null ist, einen bevorstehenden Betrieb des EPS-Motors anzeigen und das Verfahren der Datensammlung auslösen.

[0026] Wenn bei Schritt **406** das Abtriebsmoment geringer ist als die vorgegebene Schwelle T_1 , kann der Algorithmus in eine Schleife eintreten, um für eine zusätzliche Verweilzeit abzuwarten und weiterhin das Motorabtriebsmoment abzufragen und neu zu bewerten. Hierdurch bewirkt der Algorithmus, dass eine Steuerung kontinuierlich das mögliche Eintreten erforderlicher Zustände für die Messung der EPS-Motorleistung überwacht.

[0027] Bei Schritt **408** beinhaltet der Algorithmus das Erfassen von Signalen sämtlich für den EPS-Motorstrom I_M , die überwachte EPS-Spannung V_C , die Stromversorgungsspannung V_B , das Motorabtriebsmoment T und den Lenkradwinkelgradienten θ_{STG} . Es sollte beachtet werden, dass bestimmte Signale von einem oder mehreren Sensoren am Fahrzeug empfangen werden können. Andere Signale können als PID-Steuerparameter von einer oder mehreren Komponenten-ECUs empfangen werden, wie oben erörtert. Zusätzlich kann in dem Fall, wo ein Stromsensor vorgesehen ist, um den Schaltungsstrom I_C direkt zu messen, der gemessene Strom der Steuerung als PID bereitgestellt werden, im Gegensatz zu einer indirekten Berechnung unter Verwendung des Motorabtriebsmoments T , des Lenkradwinkelgradienten θ_{STG} , des Motorstroms I_M , der überwachten EPS-Spannung V_C , der Stromversorgungsspannung V_B sowie der festen Parameter R und n .

[0028] Unter Bezugnahme auf **Fig. 4** zeigt Verfahren **500** einen Algorithmus zur Fehlerprognose bezüglich einer Zunahme des Verbinderwiderstandes beispielsweise durch Korrosion. Bei Schritt **502** kann die Steuerung das Verfahren durch das Setzen von jedem aus einer Vielzahl von Zählern (z. B. C , C_0 , L), sowie einer Fehlerkennung auf null einleiten. Jeder der Zähler und die Fehlerkennung werden nachfolgend näher erläutert.

[0029] Im Allgemeinen bezieht sich der Zähler L auf die Anzahl an Schleifen, die der Fehlerprognosealgorithmus durchlaufen hat. Für längere Zeiträume mit stabilem niedrigem Widerstand, kann L auf null zurückgesetzt werden, um einen Zählerüberlauf zu vermeiden. Bei Schritt **504** wird der L -Zähler um einen Zähler Schritt über den vorher gespeicherten L -Wert erhöht. In einigen Beispielen wird der L -Zähler effektiv als Zeitgeber verwendet. Das heißt, wenn jede Schleife im Wesentlichen einer bekannten Zeitdauer entspricht (z. B. jede Schleife etwa 200 ms dauert), dann kann die Schleifenzählung einer Zeitmessung analog sein. Desgleichen können vorgegebene Schleifenzählschwellen in manchen Situationen analog zu Zeitschwellen sein.

[0030] Bei Schritt **506** beinhaltet der Algorithmus das Sammeln von Daten, welche Schaltungsparameter anzeigen, beispielsweise die unter Bezugnahme auf Verfahren **400** erörterten Parameter. Namentlich kann ein Datensatz, der mindestens V_B , V_C , I_M , T und θ_{STG} enthält, durch eine Steuerung empfangen werden. Falls seit der letzten Erfassung mehrere Datensätze verfügbar sind, kann die Steuerung eine Anzahl N von Datensätzen empfangen, welche das Verhalten der Schaltung über eine Zeitdauer darstellen.

[0031] Bei Schritt **508** beinhaltet der Algorithmus das Berechnen des geschätzten Korrosionswiderstandes R_{corr} für jeden Datensatz, beispielsweise wie bereits für bisherige Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung besprochen. Bei Schritt **510** kann die Steuerung einen durchschnittlichen Korrosionswiderstandswert R_{corr} für alle durch die Steuerung empfangenen N Datensätze berechnen. Es sollte beachtet werden, dass jeglicher Abschnitt dieser Berechnungen von einem fahrzeugeigenen Prozessor, einem fahrzeugexternen Prozessor (z. B. einem externen Datenserver oder Servicewerkzeug) oder einer beliebigen Kombination davon durchgeführt werden kann.

[0032] Bei Schritt **512** beinhaltet der Algorithmus das Abgleichen des mittleren Korrosionswiderstandswertes R_{corr} mit einer vorgegebenen Widerstandsschwelle T_2 . Gemäß einem Beispiel kann die Widerstandsschwelle T_2 auf einem charakteristischen Referenzwiderstand basieren, der zu einem früheren Zeitpunkt innerhalb der Schaltung gemessen wurde. So kann beispielsweise der Schwellenwert auf einen vorgegebenen Betrag eingestellt werden, der größer ist als ein Ausgangswiderstandswert. In einem anderen Beispiel kann ein glei-

tender Durchschnitt angewendet werden, um bis zu einem gewissen Maß der allmählichen Anpassung des Widerstandes Rechnung zu tragen, jedoch in Reaktion auf eine abrupte Änderung einen Fehler auszulösen.

[0033] Wenn bei Schritt **512** R_{corr} die vorgegebene Widerstandsschwelle (d. h. $R_{\text{corr}} > T_2$) überschreitet, beinhaltet der Algorithmus bei Schritt **514** das Erhöhen des C-Zählers um einen Zähler Schritt gegenüber dem vorher gespeicherten C-Wert. Im Allgemeinen bezieht sich der C-Zähler auf die Anzahl an Malen, wo ein hoher Widerstandswert erfasst wurde. Während Verfahren **500** die Schleifen durchläuft und Fehlerzustandszählungen akkumuliert werden, kann eine gewisse Schwellenanzahl von Fehlerzählungen einem ernsteren Widerstands-Fehlerzustand entsprechen.

[0034] Wenn bei Schritt **516** die Anzahl der erfassten Male von hohem Widerstand eine Zählschwelle (d. h. $C > T_3$) übersteigt, kann der Algorithmus eine Widerstandsfehlerkennung setzen. Gemäß einem Beispiel kann eine Steuerung programmiert werden, eine Zählschwelle T_3 von etwa 15 Zählungen abzuspeichern. Im Beispiel von Verfahren **500** wird die KENNUNG auf 1 gesetzt, um einen hohen Widerstand im EPS-Stromverbinder anzuzeigen. Anders ausgedrückt, indem er auf eine bestimmte Anzahl an Zählwerten (d. h., Schleifen) bei einem Fehlerzustand zurückgreift, kann der Algorithmus eine Steuerung zu einer reaktiven Maßnahme veranlassen, wenn der Widerstand in der Schaltung für eine vorgegebene Zeitdauer die vorgegebene Schwelle überschreitet.

[0035] Als Reaktion auf die Widerstandsfehlerkennung beinhaltet der Algorithmus das Ausgeben einer Zustandsmeldung für die Komponente bei Schritt **520** auf Grundlage der erfassten Widerstandswerte innerhalb der Schaltung, welche die Komponente mit der Stromquelle verbindet. Wenn der Widerstand innerhalb eines ersten Fehlerbereichs liegt, kann die Nachricht einer ordnungsgemäß funktionierenden Komponentenverbindung entsprechen, aber der Fehler zeigt eine verringerte Leistung an. Zusätzliche Zustandsmeldungen können eine größere Schwere mitteilen und einen bevorstehenden Ausfall anzeigen. Die Zustandsmeldung kann auch Informationen zur verbleibenden Lebensdauer der Komponentenverbindung enthalten. Die Zustandsmeldung kann außerdem dem Fahrer über eine Benutzeranzeige im Fahrzeug gezeigt werden. In weiteren Beispiele kann die Zustandsmeldung durch einen externen Prozessorabschnitt der Steuerung erzeugt werden und zur Fahrzeugsteuerung und/oder einer beliebigen Kombination einer mobilen Vorrichtung des Benutzers, einem Computer des Benutzers, einem Fahrzeugwartungsserver, einem Servicewerkzeug oder anderen externen Prozessoren zurückgemeldet werden. Im Allgemeinen bieten die in der vorliegenden Offenbarung erörterten Prognosesysteme und -verfahren die Erfassung und Warnung vor einem Betriebsausfall eines Teils. Nach Schritt **520** kehrt der Algorithmus zurück zu Schritt **504**, um die EPS-Stromversorgungsschaltung kontinuierlich auf Widerstandsänderungen abzufragen und zu überwachen.

[0036] Während eine einzelne Zustandsmeldung als Vorbote eines unmittelbar bevorstehenden Ausfalls gewertet wird, versteht es sich, dass eine beliebige Anzahl an Meldungen unterschiedlicher Bedeutungsschwere auf Grundlage von Trends des Widerstandes innerhalb der EPS-Stromschaltung erstellt werden kann. So können beispielsweise vor der Ausgabe einer Warnmeldung zu einem unmittelbar bevorstehenden Ausfall mehrere Warnungen verschiedener Ebenen ergangen sein, von denen jede eine unterschiedliche Bedeutungsschwere anzeigen kann. Weiterhin können Warnmeldungen unterschiedlicher Bedeutung eine einzigartige Kombination aus einem oder mehreren Empfänger(n) aufweisen, wie beispielsweise ein Fahrer, Servicetechniker, Fahrzeugflottenbetreiber oder ein Fahrzeughersteller.

[0037] Falls bei Schritt **512** der mittlere Korrosionswiderstandswert R_{corr} nicht die vorgegebene Widerstandsschwelle (d. h., $R_{\text{corr}} \leq T_2$) überschreitet, zeigt der Zustand an, dass die EPS bei einem Verbinderwiderstand arbeitet, der einem nicht fehlerhaften Zustand entspricht. Der Algorithmus bewertet bei Schritt **522**, ob gegenwärtig eine Fehlerkennung (d. h. KENNUNG = 1) gesetzt ist.

[0038] Wurde die Fehlerkennung zuvor bei Schritt **522** gesetzt, beinhaltet der Algorithmus bei Schritt **524** das Erhöhen eines C_0 -Zählers um einen Zähler Schritt über einem vorher gespeicherten C_0 -Wert. Im Allgemeinen bezieht sich der C_0 -Zähler auf die Anzahl an Malen, wo nach einem vorherigen Kennungszustand ein normaler Widerstandspegel erfasst wird. Auf diese Weise kann ein kurzzeitiges Abweichen des Widerstandes, das in einem normalen Bereich zurückkehrt, ein Ende des fortgesetzten Übermittels von Meldungen über einen schlechten Zustand bewirken. Der Algorithmus beinhaltet bei Schritt **526** auch die Beurteilung, ob der Zähler C_0 eine Zähler-Rückstellschwelle T_4 (d. h. $C_0 > T_4$) überschreitet. Besteht bei Schritt **526** ein ausreichender Zählerstand von nicht fehlerhaften Zuständen nach einer vorherigen Fehlerkennung, dann beinhaltet das Verfahren **500** ein Zurückschleifen zu Schritt **502**, um den Fehlerprognosealgorithmus wieder zu initialisieren und jeden Zähler auf 0 zurückzusetzen. Hierdurch kann ein vorübergehender oder zeitweiliger Fehlerzustand in Reaktion auf eine ausreichend lange Dauer stabiler, niedriger, auf die Erfassung des Fehlers folgender Wider-

standszustände automatisch vernachlässigt werden. Gemäß einem Beispiel ist die Anzahl der erforderlichen Zählungen, um zum Reinitialisierungsschritt nach einer Fehlerkennung zurückzukehren, größer als die Anzahl der erforderlichen Zählungen, die nötig sind, um die Fehlerkennung zu setzen (d. h. $T_4 > T_3$).

[0039] Wenn bei Schritt **526** der Zähler C_0 die Zählerrücksetzungsschwelle T_4 (d. h. $C_0 \leq T_4$) nicht überschreitet, beinhaltet der Algorithmus das Zurückkehren zu Schritt **504**, um die EPS-Stromversorgungsschaltung kontinuierlich auf Widerstandsänderungen abzufragen und zu überwachen.

[0040] Wurde die Fehlerkennung nicht zuvor bei Schritt **522** gesetzt (was ebenfalls der Erfassung eines nicht fehlerhaften Zustandes bei Schritt **512** entspricht), dann beinhaltet der Algorithmus die Beurteilung des L-Zählers bei Schritt **528**, um zu bestimmen, wie viele nicht fehlerhafte Schleifen des Verfahrens **500** erfolgt sind. Wie oben erörtert kann der L-Zähler in Reaktion auf längere Zeiträume eines stabilen Widerstandes auf null zurückgesetzt werden, um einen Schleifenzählungsüberlauf zu vermeiden. Wenn bei Schritt **528** der L-Zähler größer ist als eine Rücksetzschwelle für nicht fehlerhafte Zählerstände (d. h. $L > T_5$), so bedeutet dies, dass die Schaltung eine ausgedehnte Periode stabilen (d. h. niedriger) Widerstandes durchläuft. Wie oben erörtert kann die Erfassung von hohen Widerständen Kennungen gemäß den Schritten **512** bis **518** auslösen. Nach einer Periode niedrigen Widerstandes beinhaltet der Algorithmus das Zurückkehren zur Initialisierung bei Schritt **502**, um alle gespeicherten Zähler zurückzusetzen.

[0041] Wenn bei Schritt **528** der L-Zähler nicht größer ist als eine Rücksetzschwelle für nicht fehlerhafte Zählerstände (d. h. $L \leq T_5$), dann beinhaltet der Algorithmus die Beibehaltung der vorhandenen Zählwerte und das Zurückkehren zu Schritt **504**, um die EPS-Stromversorgungsschaltung kontinuierlich auf Widerstandsänderungen abzufragen und zu überwachen.

[0042] Die hierin offenbarten Prozesse, Verfahren oder Algorithmen können von einer Verarbeitungsvorrichtung, einer Steuerung oder einem Computer, der jede vorhandene programmierbare elektronische Steuereinheit oder eine dedizierte elektronische Steuereinheit beinhalten kann, bereitgestellt und/oder implementiert werden. Desgleichen können die Prozesse, Verfahren oder Algorithmen als Daten oder ausführbare Anweisungen durch eine Steuerung oder einen Computer in vielfältiger Weise gespeichert werden, darunter ohne Einschränkung die dauerhafte Speicherung auf nicht beschreibbaren Speichermedien, wie einem ROM, und als änderbare Information auf beschreibbaren Speichermedien, wie Disketten, Magnetbändern, CDs, RAM sowie anderen magnetischen und optischen Medien. Die Prozesse, Verfahren oder Algorithmen können auch in einem softwareausführbaren Objekt implementiert werden. Alternativ können die Prozesse, Verfahren oder Algorithmen ganz oder teilweise mit geeigneten Hardwarekomponenten, wie beispielsweise anwendungsspezifischen integrierten Schaltungen (ASICs), feldprogrammierbaren Gate Arrays (FPGAs), Zustandsmaschinen, Steuerungen oder anderen Hardwarekomponenten oder Vorrichtungen oder einer Kombination von Hardware, Software und Firmwarekomponenten verkörpert werden.

[0043] Während exemplarische Ausführungsformen vorstehend beschrieben sind, ist es nicht beabsichtigt, dass diese Ausführungsformen alle möglichen Formen beschreiben, die von den Ansprüchen herbeigeführt werden. Vielmehr dienen die in der Spezifikation verwendeten Worte der Beschreibung und nicht der Beschränkung und es versteht sich, dass verschiedene Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Geist und Umfang der Offenbarung abzuweichen. Wie zuvor beschrieben, können die Merkmale verschiedener Ausführungsformen kombiniert werden, um weitere Ausführungsformen der Erfindung zu bilden, die nicht explizit beschrieben oder veranschaulicht werden. Während verschiedene Ausführungsformen beschrieben worden sein könnten, um Vorteile zu bieten oder gegenüber anderen Ausführungsformen oder Implementierungen des Standes der Technik in Bezug auf eine oder mehrere gewünschte Merkmale bevorzugt zu sein, werden Fachleute auf dem Gebiet erkennen, dass ein oder mehrere der Eigenschaften beeinträchtigt werden können, um gewünschte Gesamtsystemattribute zu erreichen, die von der spezifischen Anwendung und Implementierung abhängen. Diese Eigenschaften können beinhalten, sind aber nicht beschränkt auf Kosten, Festigkeit, Haltbarkeit, Lebenszykluskosten, Marktfähigkeit, Aussehen, Verpackung, Größe, Gebrauchstauglichkeit, Gewicht, Herstellbarkeit, Montagefreundlichkeit usw. Als solches liegen Ausführungsformen, die als weniger wünschenswert im Vergleich zu anderen Ausführungsformen oder Implementierungen des Standes der Technik in Bezug auf eine oder mehrere Merkmale beschrieben sind, nicht außerhalb des Umfangs der Offenbarung und können für bestimmte Anwendungen wünschenswert sein.

Patentansprüche

1. Fahrzeug, umfassend:
einen elektrisch angetriebenen Motor, der konfiguriert ist, eine Fahrzeugkomponente zu betätigen;

eine Stromquelle, die konfiguriert ist über eine elektrische Schaltung Strom an den Motor zu liefern; und eine Steuerung, darauf programmiert, ein Signal zu überwachen, das die Motorleistung anzeigt; Daten zu speichern, die einen Widerstand in der Schaltung anzeigen; und ein Widerstands-Zustandssignal in Reaktion darauf auszugeben, dass der Widerstand in der Schaltung einen vorgegebenen Widerstandsschwellenwert überschreitet.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, worin das Widerstandszustandssignal eine verbleibende Lebensdauer einer Verbindung innerhalb der elektrischen Schaltung anzeigt.

3. Fahrzeug nach Anspruch 1, worin die Steuerung programmiert ist, das Zustandssignal einem fahrzeug-externen Prozessor zu übertragen, wenn der Widerstand in der elektrischen Schaltung den vorgegebenen Widerstandsschwellenwert für eine erste vorgegebene Zeitdauer überschreitet.

4. Fahrzeug nach Anspruch 1, des Weiteren einen Stromsensor innerhalb der elektrischen Schaltung zur Erfassung eines von der Stromquelle an den Motor gelieferten Stroms umfassend.

5. Fahrzeug nach Anspruch 1, worin die Steuerung programmiert ist, das Widerstandsfehlersignal in Reaktion darauf zurückzusetzen, dass der Widerstand in der elektrischen Schaltung für eine zweite vorgegebene Zeitdauer geringer ist als der vorgegebene Schwellenwert.

6. Fahrzeug nach Anspruch 1, worin die Daten, die einen Widerstand in der Schaltung anzeigen, mindestens eines von einem Motorstrom, einem Motorabtriebsmoment, einer Motorspannung, einer Stromversorgungsspannung, einer durch die Steuerung überwachten Komponentenspannung und einer Motorwinkelgeschwindigkeit beinhalten.

7. Fahrzeug nach Anspruch 1, worin die elektrische Schaltung ein Abschnitt eines elektrischen Verbinders ist und der Widerstand in der Schaltung an einer Stelle innerhalb des Verbinders geschätzt wird.

8. Verfahren zur Erzeugung einer Schaltungswiderstandsprognose, umfassend:
das Bereitstellen einer motorgetriebenen Komponente, die über eine elektrische Schaltung bestromt wird;
das Sammeln eines Datensatzes, der die Leistung der motorgetriebenen Komponente anzeigt;
das Erzeugen eines Widerstandswertes, der einer vorgegebenen Stelle innerhalb der elektrischen Schaltung entspricht;
das Indexieren eines Fehlerzählers in Reaktion darauf, dass der Widerstand größer ist als ein vorgegebener Widerstandsschwellenwert; und
das Ausgeben einer Zustandsmeldung in Reaktion darauf, dass der Fehlerzähler einen Fehlerzähler-Schwellenwert überschreitet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, worin die vorgegebene Stelle innerhalb der elektrischen Schaltung innerhalb eines elektrischen Verbinders zwischen der motorgetriebenen Komponente und einer Stromquelle liegt.

10. Schaltungsprognosesystem, umfassend:
eine Stromquelle, die dazu konfiguriert ist, einer Last Strom zu liefern;
einen elektrisch angetriebenen Motor, der konfiguriert ist, eine Fahrzeugkomponente zu betätigen;
eine Schaltung, welche die Stromquelle elektrisch mit dem Motor verbindet, um Energie zu übertragen.
eine Steuerung, darauf programmiert,
ein Signal zu überwachen, das die Motorleistung anzeigt;
Daten zu speichern, die einen Widerstand in der Schaltung anzeigen; und ein Widerstands-Zustandssignal in Reaktion darauf auszugeben, dass der Widerstand in der Schaltung einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

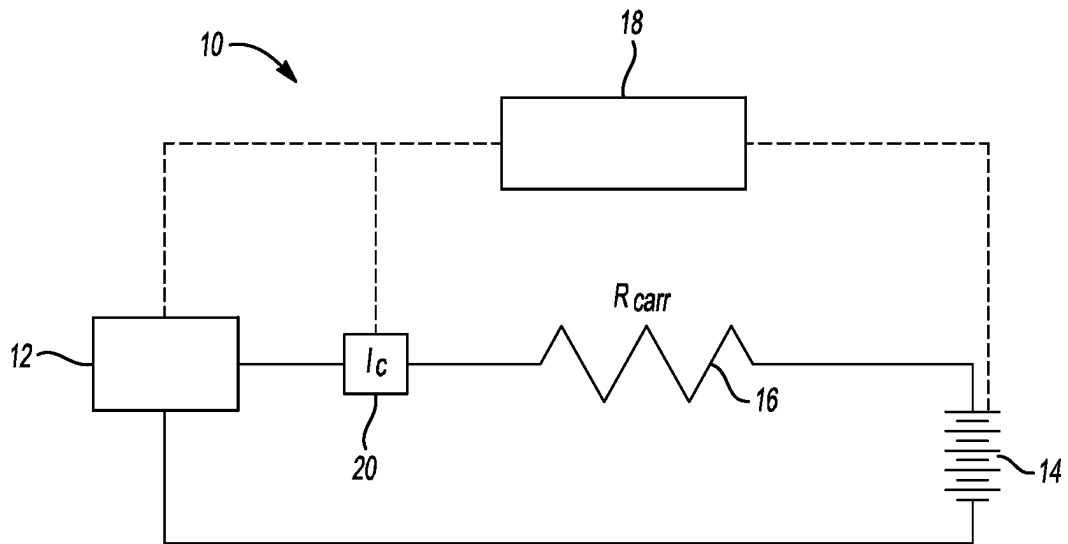


Fig-1

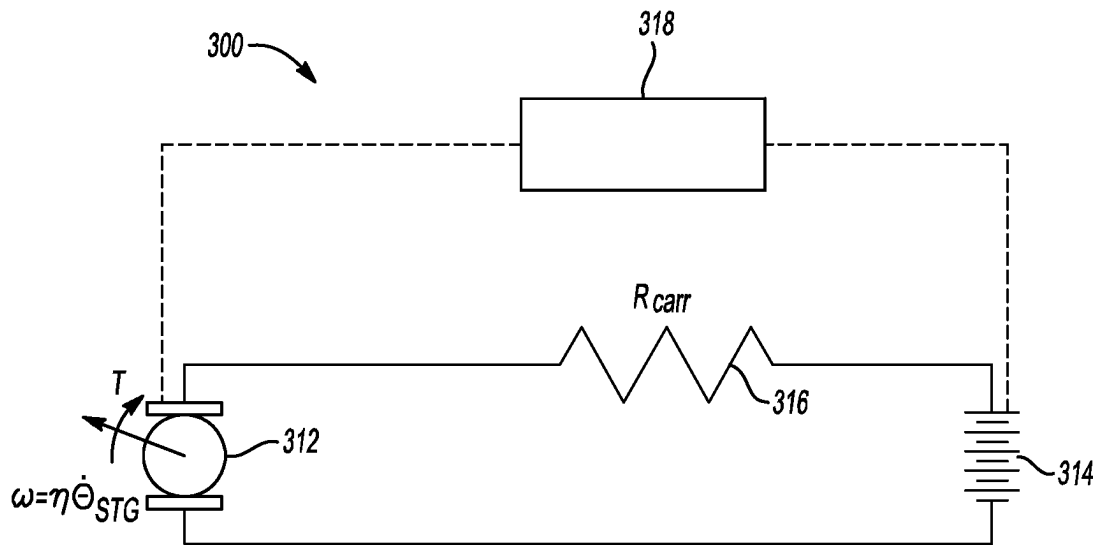


Fig-2

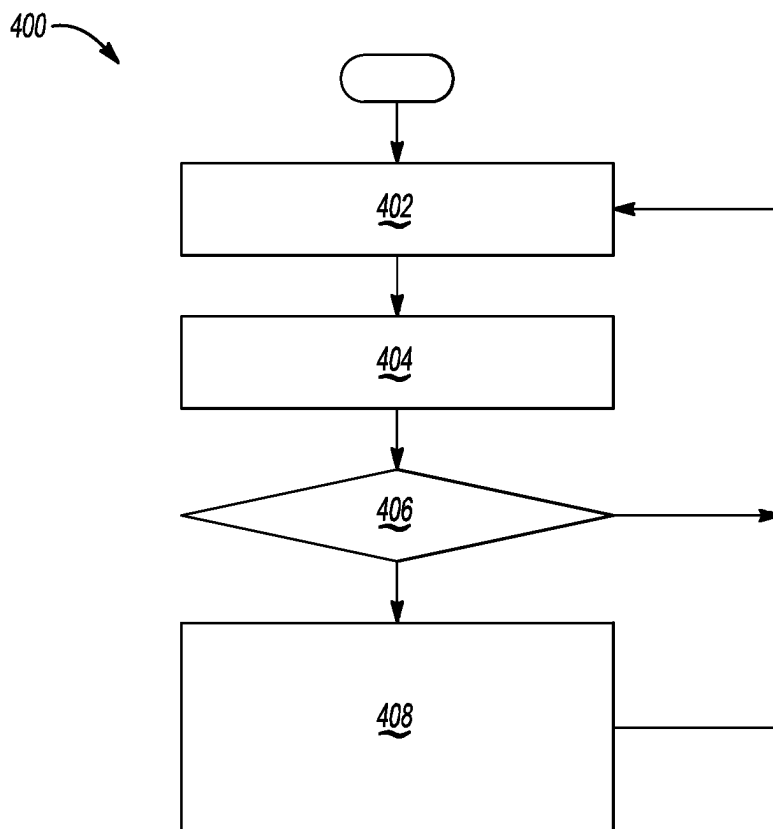


Fig-3

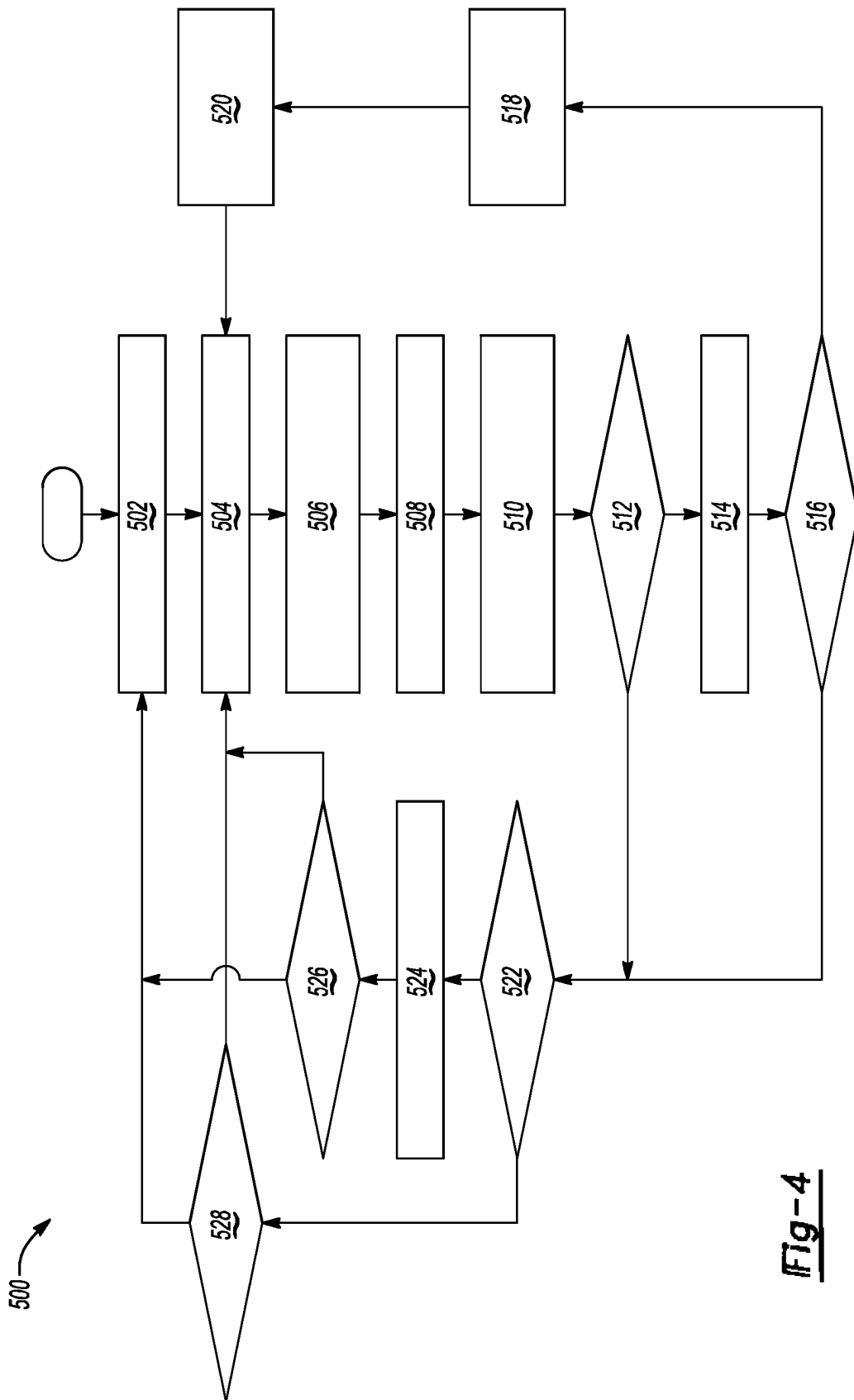


Fig-4