

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4430316号
(P4430316)

(45) 発行日 平成22年3月10日(2010.3.10)

(24) 登録日 平成21年12月25日(2009.12.25)

(51) Int.Cl.		F 1	
F 1 6 C 19/52	(2006.01)	F 1 6 C 19/52	
F 1 6 C 29/06	(2006.01)	F 1 6 C 29/06	
F 1 6 H 25/20	(2006.01)	F 1 6 H 25/20	Z
F 1 6 H 25/22	(2006.01)	F 1 6 H 25/22	A

請求項の数 14 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2003-54293 (P2003-54293)	(73) 特許権者	390029805 THK株式会社 東京都品川区西五反田3丁目11番6号
(22) 出願日	平成15年2月28日(2003.2.28)	(74) 代理人	100083839 弁理士 石川 泰男
(65) 公開番号	特開2004-263775 (P2004-263775A)	(72) 発明者	吉岡 武雄 山梨県中巨摩郡玉穂町中楯754 THK 株式会社甲府工場内
(43) 公開日	平成16年9月24日(2004.9.24)	(72) 発明者	本所 善之 山梨県中巨摩郡玉穂町中楯754 THK 株式会社甲府工場内
審査請求日	平成18年2月2日(2006.2.2)	(72) 発明者	渡辺 茂雄 山梨県中巨摩郡玉穂町中楯754 THK 株式会社甲府工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 状態検出装置及び状態検出方法並びに状態検出用プログラム及び情報記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直動転がり案内装置における現在の動作状態を検出する状態検出装置であって、
前記直動転がり案内装置に含まれる複数の転動体が循環部内を公転する際に生じる、当該直動転がり案内装置に含まれる移動部材又は軌道部材と前記転動体との接触又は衝突、当該直動転がり案内装置に含まれる転動面と前記転動体との接触、或いは当該転動体同士との衝突のいずれかに少なくとも起因して弾性的に発生する波動を検出し、当該検出した波動に対応する電気的な検出信号を生成する検出手段と、
前記生成された検出信号に基づいて、前記動作状態の内容を判定する判定手段とを備え、
前記検出手段は、A E センサを備え、
前記判定手段は、
前記生成された検出信号における周期性の有無を判定する周期性判定手段と、
前記周期性があると判定されたとき、前記生成された検出信号における最大値を検出する最大値検出手段と、
前記検出された最大値が予め設定された最大値閾値以上か否かを判定する最大値判定手段と、
前記検出された最大値が前記最大値閾値未満であるとき、前記生成された検出信号における事象率を検出する事象率検出手段と、
前記検出された事象率が予め設定された事象率閾値以上か否かを判定する事象率判定手

段と、

前記周期性がないと判定されたとき、前記検出された検出信号の実効値を検出する実効値検出手段と、

前記検出された実効値が予め設定された実効値閾値以上か否かを判定する実効値判定手段と、を備え、

前記周期性判定手段、前記最大値判定手段、前記事象率判定手段及び前記実効値判定手段の判定結果に応じて前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性の判定、前記直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していることの判定、前記直動転がり案内装置に異物が混入していることの判定及び前記現在の動作状態が正常であるとの判定のいずれかを告知する状態判定手段を備えることを特徴とする状態検出装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の状態検出装置において、

前記状態判定手段は、前記検出された最大値が前記最大値閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っていると判定し、その旨を告知することを特徴とする状態検出装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の状態検出装置において、

前記状態判定手段は、前記検出された事象率が前記事象率閾値未満であるとき、前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性がある」と判定し、その旨を告知することを特徴とする状態検出装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 に記載の状態検出装置において、

前記状態判定手段は、前記検出された事象率が前記事象率閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していると判定し、その旨を告知することを特徴とする状態検出装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の状態検出装置において、

前記状態判定手段は、前記検出された実効値が前記実効値閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置内に異物が混入していると判定し、その旨を告知することを特徴とする状態検出装置。

30

【請求項 6】

請求項 1 に記載の状態検出装置において、

前記状態判定手段は、前記検出された実効値が前記実効値閾値未満であるとき、前記現在の動作状態が正常であると判定し、その旨を告知することを特徴とする状態検出装置。

【請求項 7】

直動転がり案内装置における現在の動作状態を検出する状態検出方法であって、

前記直動転がり案内装置に含まれる複数の転動体が循環部内を公転する際に生じる、当該直動転がり案内装置に含まれる移動部材又は軌道部材と前記転動体との接触又は衝突、当該直動転がり案内装置に含まれる転動面と前記転動体との接触、或いは当該転動体同士との衝突のいずれかに少なくとも起因して弾性的に発生する波動を検出し、当該検出した波動に対応する電気的な検出信号を生成する検出工程と、

40

前記生成された検出信号に基づいて、前記動作状態の内容を判定する判定工程と、を備え、

前記検出工程は、A E センサを備え、

前記判定工程は、

前記生成された検出信号における周期性の有無を判定する周期性判定工程と、

前記周期性があると判定されたとき、前記生成された検出信号における最大値を検出する最大値検出工程と、

前記検出された最大値が予め設定された最大値閾値以上か否かを判定する最大値判定工程と、

50

前記検出された最大値が前記最大値閾値未満であるとき、前記生成された検出信号における事象率を検出する事象率検出工程と、

前記検出された事象率が予め設定された事象率閾値以上か否かを判定する事象率判定工程と、

前記周期性がないと判定されたとき、前記検出された検出信号の実効値を検出する実効値検出工程と、

前記検出された実効値が予め設定された実効値閾値以上か否かを判定する実効値判定工程と、を備え、

前記周期性判定工程、前記最大値判定工程、前記事象率判定工程及び前記実効値判定工程の判定結果に応じて前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性の判定、前記直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していることの判定、前記直動転がり案内装置に異物が混入していることの判定及び前記現在の動作状態が正常であるとの判定のいずれかを告知する状態判定工程を備えることを特徴とする状態検出方法。

10

【請求項 8】

請求項 7 に記載の状態検出方法において、

前記状態判定工程は、前記検出された最大値が前記最大値閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っていると判定し、その旨を告知することを特徴とする状態検出方法。

【請求項 9】

請求項 7 に記載の状態検出方法において、

前記状態判定工程は、前記検出された事象率が前記事象率閾値未満であるとき、前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性がある」と判定し、その旨を告知することを特徴とする状態検出方法。

20

【請求項 10】

請求項 7 に記載の状態検出方法において、

前記状態判定工程は、前記検出された事象率が前記事象率閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していると判定し、その旨を告知することを特徴とする状態検出方法。

【請求項 11】

請求項 7 に記載の状態検出方法において、

前記状態判定工程は、前記検出された実効値が前記実効値閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置内に異物が混入していると判定し、その旨を告知することを特徴とする状態検出方法。

30

【請求項 12】

請求項 7 に記載の状態検出方法において、

前記状態判定工程は、前記検出された実効値が前記実効値閾値未満であるとき、前記現在の動作状態が正常であると判定し、その旨を告知することを特徴とする状態検出方法。

【請求項 13】

直動転がり案内装置における現在の動作状態を検出する状態検出装置であって、当該直動転がり案内装置に含まれる複数の転動体が循環部内を公転する際に生じる、当該直動転がり案内装置に含まれる移動部材又は軌道部材と前記転動体との接触又は衝突、当該直動転がり案内装置に含まれる転動面と前記転動体との接触、或いは当該転動体同士の衝突のいずれかに少なくとも起因して弾性的に発生する波動を検出し、当該検出した波動に対応する電氣的な検出信号を生成する A E センサを備える状態検出装置に含まれるコンピュータを、

40

前記生成された検出信号に基づいて、前記動作状態の内容を判定する判定手段として機能させ、

前記判定手段は、

前記生成された検出信号における周期性の有無を判定する周期性判定手段と、

前記周期性があると判定されたとき、前記生成された検出信号における最大値を検出す

50

る最大値検出手段と、

前記検出された最大値が予め設定された最大値閾値以上か否かを判定する最大値判定手段と、

前記検出された最大値が前記最大値閾値未満であるとき、前記生成された検出信号における事象率を検出する事象率検出手段と、

前記検出された事象率が予め設定された事象率閾値以上か否かを判定する事象率判定手段と、

前記周期性がないと判定されたとき、前記検出された検出信号の実効値を検出する実効値検出手段と、

前記検出された実効値が予め設定された実効値閾値以上か否かを判定する実効値判定手段と、を備え、

前記周期性判定手段、前記最大値判定手段、前記事象率判定手段及び前記実効値判定手段の判定結果に応じて前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性の判定、前記直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していることの判定、前記直動転がり案内装置に異物が混入していることの判定及び前記現在の動作状態が正常であるとの判定のいずれかを告知する状態判定手段を備えることを特徴とする状態検出用プログラム

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の状態検出用プログラムが前記コンピュータにより読取可能に記録された情報記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、状態検出装置及び状態検出方法並びに状態検出用プログラム及び情報記録媒体の技術分野に属し、より詳細には、直動転がり案内装置の稼動中における当該直動転がり案内装置の動作状態を検出する状態検出装置及び状態検出方法並びに当該動作状態検出のための状態検出用プログラム及び当該状態検出用プログラムがコンピュータで読取可能に記録された情報記録媒体の技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】

従来、レールと、当該レール上をその長手方向に移動する移動ブロックと、当該レールと当該移動ブロックとの間に介在してそれ自体が回転（自転）しつつ循環（公転）して当該移動ブロックを高精度に移動させる複数のボール（転動体）と、を含む、いわゆる直動転がり案内装置が広く一般化しており、具体的には、工作機械の作業台の三次元運動や、振り子電車における振り子運動を支持する部材、更には建物の免震構造にまで活用範囲が広がっている。

【0003】

そして、このような活用範囲の広がりに伴い、直動転がり案内装置における故障予防についても要求が高まっており、そのための動作状態の診断法についても高精度のものが求められている。

【0004】

ここで、直動転がり案内装置を除く従来の一般的な機械システム（例えばボールベアリングを含む回転用転がり軸受装置等）における動作状態の診断方法としては、その機械システムにおける振動の発生状態を監視して動作状態の診断を行う振動検出法、その機械システムに用いられている潤滑油を取り出してその質を評価することで動作状態の診断を行う油評価法、その機械システム内において潤滑油を介して駆動されている部材間の電気抵抗を測定して動作状態の診断を行う電気抵抗法、又はその機械システム内において潤滑油を介して駆動されている部材の温度を熱電対等を用いて測定して動作状態の診断を行う温度測定法等がある。

【0005】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、これらの診断方法を直動転がり案内装置に適用した場合、以下の如き問題点があった。

【0006】

すなわち、振動検出法を用いた場合は、直動転がり案内装置においては転動体としてのボールが自ら自転しつつ循環部内を公転することから、異常を示す振動以外の振動発生源が多く、本来検出すべき振動を正確に検出できないという問題点があった。

【0007】

また、油評価法を用いた場合は、診断対象である直動転がり案内装置における使用前の潤滑油と使用後の潤滑油を夫々にその装置自体から取り出して検査する必要があり、診断結果が得られるまでに余分な時間が必要となると共に直動転がり案内装置自体を一旦停止させて潤滑油の取り出し作業を行う必要があり、稼働効率が低下するという問題点があった。

【0008】

更に、電気抵抗法及び温度測定法を用いた場合は、共に電氣的な雑音に対して脆弱であると共に上記移動ブロックの移動速度が遅いときは測定ができない場合があるという問題点があった。

【0009】

従って、従来では、直動転がり案内装置の動作状態を実時間で正確に診断することは困難だった。

【0010】

そこで、本発明は、上記の問題点に鑑みて為されたもので、その課題は、直動転がり案内装置における動作状態を実時間で正確に検出することにより、当該直動転がり案内装置における故障の発生予知を可能とし、且つ、当該直動転がり案内装置の使用者における整備性を向上させ、更にその長寿命化及び当該直動転がり案内装置を組み込んだ装置又は機器の品質向上に資することが可能な状態検出装置及び状態検出方法並びに当該動作状態検出のための状態検出用プログラム及び当該状態検出用プログラムがコンピュータで読取可能に記録された情報記録媒体を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、直動転がり案内装置における現在の動作状態を検出する状態検出装置であって、前記直動転がり案内装置に含まれる複数の転動体が循環部内を公転する際に生じる、当該直動転がり案内装置に含まれる移動部材又は軌道部材と前記転動体との接触又は衝突、当該直動転がり案内装置に含まれる転動面と前記転動体との接触、或いは当該転動体同士の衝突のいずれかに少なくとも起因して弾性的に発生する波動を検出し、当該検出した波動に対応する電氣的な検出信号を生成する検出手段と、前記生成された検出信号に基づいて、前記動作状態の内容を判定する判定手段とを備え、前記検出手段は、A Eセンサを備え、前記判定手段は、前記生成された検出信号における周期性の有無を判定する周期性判定手段と、前記周期性があると判定されたとき、前記生成された検出信号における最大値を検出する最大値検出手段と、前記検出された最大値が予め設定された最大値閾値以上か否かを判定する最大値判定手段と、前記検出された最大値が前記最大値閾値未満であるとき、前記生成された検出信号における事象率を検出する事象率検出手段と、前記検出された事象率が予め設定された事象率閾値以上か否かを判定する事象率判定手段と、前記周期性がないと判定されたとき、前記検出された検出信号の実効値を検出する実効値検出手段と、前記検出された実効値が予め設定された実効値閾値以上か否かを判定する実効値判定手段と、を備え、前記周期性判定手段、前記最大値判定手段、前記事象率判定手段及び前記実効値判定手段の判定結果に応じて前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性の判定、前記直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していることの判定、前記直動転がり案内装置に異物が混入していることの判定及び前記現在の動作状態が正常であるとの判定のいずれかを告知す

10

20

30

40

50

る状態判定手段を備える。

【0012】

よって、直動転がり案内装置の稼動により弾性的に発生する上記波動を検出して当該直動転がり案内装置の現在の動作状態を検出するので、当該直動転がり案内装置の稼動中に、実時間で、当該直動転がり案内装置を分解することなく、当該稼動に起因する振動の影響を排除しつつ、その動作状態を検出することができる。

【0013】

上記の課題を解決するために、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の状態検出装置において、前記状態判定手段は、前記検出された最大値が前記最大値閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っていると判定し、その旨を告知する。

10

【0014】

よって、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値以上であるとき、直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っていると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における潤滑不良状態の発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【0015】

上記の課題を解決するために、請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の状態検出装置において、前記状態判定手段は、前記検出された事象率が前記事象率閾値未満であるとき、前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性がある」と判定し、その旨を告知する。

20

【0016】

よって、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値未満であり、且つ、当該検出信号における事象率が事象率閾値未満であるとき、直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性がある」と判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における潤滑不良状態の発生の可能性を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【0017】

上記の課題を解決するために、請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の状態検出装置において、前記状態判定手段は、前記検出された事象率が前記事象率閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していると判定し、その旨を告知する。

30

【0018】

よって、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値未満であり、且つ、当該検出信号における事象率が事象率閾値以上であるとき、直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置におけるフレーキングの発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【0019】

上記の課題を解決するために、請求項5に記載の発明は、請求項1に記載の状態検出装置において、前記状態判定手段は、前記検出された実効値が前記実効値閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置内に異物が混入していると判定し、その旨を告知する。

40

【0020】

よって、生成された検出信号に周期性がなく、且つ、当該検出信号における実効値が実効値閾値以上であるとき、直動転がり案内装置に異物が混入していると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における異物混入の発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【0021】

上記の課題を解決するために、請求項6に記載の発明は、請求項1に記載の状態検出装置において、前記状態判定手段は、前記検出された実効値が前記実効値閾値未満であるとき、前記現在の動作状態が正常であると判定し、その旨を告知する。

50

【 0 0 2 2 】

よって、生成された検出信号に周期性がなく、且つ、当該検出信号における実効値が実効値閾値未満であるとき、直動転がり案内装置の現在の動作状態が正常であると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における動作状態が正常であるか否かを、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 0 2 3 】

上記の課題を解決するために、請求項 7 に記載の発明は、直動転がり案内装置における現在の動作状態を検出する状態検出方法であって、前記直動転がり案内装置に含まれる複数の転動体が循環部内を公転する際に生じる、当該直動転がり案内装置に含まれる移動部材又は軌道部材と前記転動体との接触又は衝突、当該直動転がり案内装置に含まれる転動面と前記転動体との接触、或いは当該転動体同士の衝突のいずれかに少なくとも起因して弾性的に発生する波動を検出し、当該検出した波動に対応する電氣的な検出信号を生成する検出工程と、前記生成された検出信号に基づいて、前記動作状態の内容を判定する判定工程と、を備え、前記検出工程は、A E センサを備え、前記判定工程は、前記生成された検出信号における周期性の有無を判定する周期性判定工程と、前記周期性があると判定されたとき、前記生成された検出信号における最大値を検出する最大値検出工程と、前記検出された最大値が予め設定された最大値閾値以上か否かを判定する最大値判定工程と、前記検出された最大値が前記最大値閾値未満であるとき、前記生成された検出信号における事象率を検出する事象率検出工程と、前記検出された事象率が予め設定された事象率閾値以上か否かを判定する事象率判定工程と、前記周期性がないと判定されたとき、前記検出された検出信号の実効値を検出する実効値判定工程と、前記検出された実効値が予め設定された実効値閾値以上か否かを判定する実効値判定工程と、を備え、前記周期性判定工程、前記最大値判定工程、前記事象率判定工程及び前記実効値判定工程の判定結果に応じて前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性の判定、前記直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していることの判定、前記直動転がり案内装置に異物が混入していることの判定及び前記現在の動作状態が正常であるとの判定のいずれかを告知する状態判定工程を備える。

【 0 0 2 4 】

よって、直動転がり案内装置の稼動により弾性的に発生する上記波動を検出して当該直動転がり案内装置の現在の動作状態を検出するので、当該直動転がり案内装置の稼動中に、実時間で、当該直動転がり案内装置を分解することなく、当該稼動に起因する振動の影響を排除しつつ、その動作状態を検出することができる。

【 0 0 2 5 】

上記の課題を解決するために、請求項 8 に記載の発明は、請求項 7 に記載の状態検出方法において、前記状態判定工程は、前記検出された最大値が前記最大値閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っていると判定し、その旨を告知する。

【 0 0 2 6 】

よって、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値以上であるとき、直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っていると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における潤滑不良状態の発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 0 2 7 】

上記の課題を解決するために、請求項 9 に記載の発明は、請求項 7 に記載の状態検出方法において、前記状態判定工程は、前記検出された事象率が前記事象率閾値未満であるとき、前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性があるとして判定し、その旨を告知する。

【 0 0 2 8 】

よって、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値未満であり、且つ、当該検出信号における事象率が事象率閾値未満であるとき、直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性があるとして判定してその旨を告知する

10

20

30

40

50

ので、直動転がり案内装置における潤滑不良状態の発生の可能性を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【0029】

上記の課題を解決するために、請求項10に記載の発明は、請求項7に記載の状態検出方法において、前記状態判定工程は、前記検出された事象率が前記事象率閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していると判定し、その旨を告知する。

【0030】

よって、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値未満であり、且つ、当該検出信号における事象率が事象率閾値以上であるとき、直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置におけるフレーキングの発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

10

【0031】

上記の課題を解決するために、請求項11に記載の発明は、請求項7に記載の状態検出方法において、前記状態判定工程は、前記検出された実効値が前記実効値閾値以上であるとき、前記直動転がり案内装置内に異物が混入していると判定し、その旨を告知する。

【0032】

よって、生成された検出信号に周期性がなく、且つ、当該検出信号における実効値が実効値閾値以上であるとき、直動転がり案内装置に異物が混入していると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における異物混入の発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

20

【0033】

上記の課題を解決するために、請求項12に記載の発明は、請求項7に記載の状態検出方法において、前記状態判定工程は、前記検出された実効値が前記実効値閾値未満であるとき、前記現在の動作状態が正常であると判定し、その旨を告知する。

【0034】

よって、生成された検出信号に周期性がなく、且つ、当該検出信号における実効値が実効値閾値未満であるとき、直動転がり案内装置の現在の動作状態が正常であると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における動作状態が正常であるか否かを、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

30

【0035】

上記の課題を解決するために、請求項13に記載の発明は、直動転がり案内装置における現在の動作状態を検出する状態検出装置であって、当該直動転がり案内装置に含まれる複数の転動体が循環部内を公転する際に生じる、当該直動転がり案内装置に含まれる移動部材又は軌道部材と前記転動体との接触又は衝突、当該直動転がり案内装置に含まれる転動面と前記転動体との接触、或いは当該転動体同士の衝突のいずれかに少なくとも起因して弾性的に発生する波動を検出し、当該検出した波動に対応する電気的な検出信号を生成するAEセンサを備える状態検出装置に含まれるコンピュータを、前記生成された検出信号に基づいて、前記動作状態の内容を判定する判定手段として機能させ、前記判定手段は、前記生成された検出信号における周期性の有無を判定する周期性判定手段と、前記周期性があると判定されたとき、前記生成された検出信号における最大値を検出する最大値検出手段と、前記検出された最大値が予め設定された最大値閾値以上か否かを判定する最大値判定手段と、前記検出された最大値が前記最大値閾値未満であるとき、前記生成された検出信号における事象率を検出する事象率検出手段と、前記検出された事象率が予め設定された事象率閾値以上か否かを判定する事象率判定手段と、前記周期性がないと判定されたとき、前記検出された検出信号の実効値を検出する実効値検出手段と、前記検出された実効値が予め設定された実効値閾値以上か否かを判定する実効値判定手段と、を備え、前記周期性判定手段、前記最大値判定手段、前記事象率判定手段及び前記実効値判定手段の判定結果に応じて前記直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性の判定、前

40

50

記直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していることの判定、前記直動転がり案内装置に異物が混入していることの判定及び前記現在の動作状態が正常であるとの判定のいずれかを告知する状態判定手段を備える判定手段として機能させる。

【0036】

よって、直動転がり案内装置の稼動により弾性的に発生する上記波動を検出して当該直動転がり案内装置の現在の動作状態を検出するようにコンピュータが機能するので、当該直動転がり案内装置の稼動中に、実時間で、当該直動転がり案内装置を分解することなく、当該稼動に起因する振動の影響を排除しつつ、その動作状態を検出することができる。

【0037】

上記の課題を解決するために、請求項14に記載の発明は、請求項13に記載の状態検出用プログラムが前記コンピュータにより読取可能に記録されている。

10

【0038】

よって、当該状態検出用プログラムをコンピュータで読み出して実行することにより、直動転がり案内装置の稼動により弾性的に発生する上記波動を検出して当該直動転がり案内装置の現在の動作状態を検出するように当該コンピュータが機能するので、当該直動転がり案内装置の稼動中に、実時間で、当該直動転がり案内装置を分解することなく、当該稼動に起因する振動の影響を排除しつつ、その動作状態を検出することができる。

【0039】

【発明の実施の形態】

次に、本発明に好適な実施の形態について、図面に基づいて説明する。

20

【0040】

なお、以下に説明する実施の形態は、直動転がり案内装置（以下、単にLM（Linear Motion）システムと称し、具体的にはいわゆるLMガイド、ボールスプライン等の直動システムを含むものとする）における動作状態の検出及び診断について本発明を適用した場合の実施形態である。

【0041】

（I）本発明の原理

先ず、本発明の実施形態について具体的に説明する前に、本発明の原理について、図1を用いて説明する。

【0042】

30

上述した如きLMシステムの動作状態の診断方法を研究するに当たり、本発明の発明者は、従来から回転転がり軸受け装置に対する故障診断等に用いられている、いわゆるAE現象を、当該LMシステムの動作状態の診断にも用いることが可能であることを発見した。

【0043】

すなわち、LMシステムにおいて発生する種々の異常動作状態（具体的には、潤滑不良、フレーキング（すなわち、LMシステムに含まれる回転体としてのボール表面又はそのボールが接触する軌道部材としてのガイド表面における剥がれ現象）の発生及び異物混入を言う。）の夫々につき、異なった態様のAE現象が生起し、これにより夫々の異常動作状態が発生した場合に相互に異なったAE波が発生することを、本発明の発明者は実験的に確認したのである。

40

【0044】

ここで、当該AE現象については、従来では、「固体材料の破壊や変形に伴って、弾性エネルギーが解放され音波（AE波）が発生する現象」或いは「材料内部での塑性変形又はクラック等の発生に付随して弾性波が発生する現象」と定義付けられていたのであるが、本発明の発明者は、これらに加えて、ボール又はガイド面には塑性変形やクラック等が発生していないが、LMシステムが正常に動作することにより生起するボール同士の衝突のみによってもAE波が発生することを確認している。

【0045】

より具体的には、移動ブロックを用いたLMシステムの場合について図1（a）に示すよ

50

うに、移動ブロック C 内に形成されている転走路内をボール B が自転しつつ公転する場合に、そのボール B 同士が接触部位 P 1 において衝突する場合、又はボール B と移動ブロック C とが接触部位 P 2 において衝突する場合、或いはボール B と転動面 G とが接触部位 P 3 において接触する場合の夫々において A E 波が発生することが確認されている。なお、図 1 (b) に示すように、移動ブロックを用いた L M システムの場合について、その転走路内にボール B だけでなくいわゆるリテーナ R が設けられている場合であっても、その移動ブロック C 内の転走路内をボール B が自転しつつ公転する場合に、ボール B と移動ブロック C とが接触部位 P 5 において衝突する場合、又はボール B と転動面 G とが接触部位 P 4 において接触する場合の夫々において A E 波が発生することが確認されている。

【 0 0 4 6 】

そして、本発明の発明者は、この A E 波の発生態様が、上述した異常動作状態の種類によって相互に異なっていることを発見したのである。

【 0 0 4 7 】

なお、上述した如く、本発明においては、従来からの定義に則った A E 現象よりも広い範囲での A E 現象の発生を前提とするため、以下の説明においては、特に本発明に適用される A E 現象を拡張 A E 現象と称し、当該拡張 A E 現象により発生する A E 波を拡張 A E 波と称する。

【 0 0 4 8 】

このとき、拡張 A E 波に対応する電気信号は、L M システムが動作する際に一般的に発生する振動よりも高い周波数を有するものであるため、例えば図 1 (c) に示すように、いわゆる包絡線検波の方法によりこれを当該振動から分離して検出することが可能であり、これにより L M システムの稼動中に実時間でその動作状態を検出することが可能となったのである。

【 0 0 4 9 】

(11) 実施形態

次に、上述した原理に基づいた本発明の実施形態について、具体的に図 2 乃至図 7 を用いて説明する。

【 0 0 5 0 】

なお、図 2 は実施形態に係る状態診断装置の概要構成を示すブロック図であり、図 3 は実施形態に係る拡張 A E 波を検出する A E センサの概要構成を示す縦断面図であり、図 4 乃至図 6 は本発明が適用される L M システムを説明するための図であり、図 7 は実施形態に係る状態診断装置において実行される動作状態の検出処理を示すフローチャートである。

【 0 0 5 1 】

図 2 に示すように、実施形態に係る状態診断装置 S は、A E センサ 1 と、B P F (Band Pass Filter) 2 A 及び包絡線検波部 2 B を含む波形整形部 2 と、A / D (Analog/Digital) コンバータ 3 と、周期性判定手段、最大値検出手段、最大値判定手段、状態判定手段、事象率検出手段、事象率判定手段、実行値検出手段及び実行値判定手段としての信号処理部 4 と、液晶ディスプレイ等よりなる表示部 5 と、により構成されている。

【 0 0 5 2 】

次に動作を説明する。

【 0 0 5 3 】

先ず、A E センサ 1 は、診断対象となる L M システムの任意の場所、例えば、レールの末端部又は移動部材としての移動ブロック上等に設置されるものであり、後述する接触部を上記いずれかの場所に接触させて配置される。そして、当該 L M システムの動作により発生する上記拡張 A E 波を検出し、これをアナログ信号である検出信号 S_{ae}に変換して波形整形部 2 へ出力する。

【 0 0 5 4 】

次に、波形整形部 2 内の B P F 2 A は、当該検出信号 S_{ae}から拡張 A E 波以外の周波数成分を除去して包絡線検波部 2 B へ出力する。ここで、当該 B P F 2 A における検出信号 S_{ae}に対する通過周波数帯域として具体的には、例えば 1 0 0 k H z 以上 1 M H z 以下の周

10

20

30

40

50

波数成分を通過させる B P F を、 B P F 2 A として用いることが望ましい。

【 0 0 5 5 】

そして、包絡線検波部 2 B は、当該検出信号 S a e に基づいてその包絡線成分を抽出し、包絡線信号 S w を生成して A D コンバータ 3 へ出力する。

【 0 0 5 6 】

次に、 A D コンバータ 3 は、アナログ信号である包絡線信号 S w をデジタル化し、デジタル包絡線信号 S d w を生成して信号処理部 4 へ出力する。

【 0 0 5 7 】

そして、信号処理部 4 は、当該デジタル包絡線信号 S d w に基づいて図 7 に示す後述の動作状態検出処理により診断対象の L M システムにおける現在の動作状態を判定し、その結果を示す判定信号 S d p を生成して表示部 5 へ出力する。

10

【 0 0 5 8 】

これにより、表示部 5 は、当該判定信号 S d p に基づいてその内容を示す表示を行う。この表示により、 L M システムの使用者がその動作状態を把握することが可能となる。

【 0 0 5 9 】

次に、上記 A E センサ 1 の構造等並びに診断対象である L M システムへのその設置態様について、具体的に図 3 乃至図 6 を用いて説明する。

【 0 0 6 0 】

まず、 A E センサ 1 の内部構造について、図 3 を用いて説明する。

【 0 0 6 1 】

20

図 3 に示すように、 A E センサ 1 は、全体としては円筒形状を成しており、具体的には、 L M システム内のレール L M 等に接触して配置される接触部 1 0 と、筐体 1 1 と、ピエゾ素子等より成る圧電素子 1 3 と、当該圧電素子 1 3 の上面及び下面に形成された銀蒸着膜 1 2 及び 1 4 と、上記検出信号 S a e を導通して波形整形部 2 へ出力する外部線 1 5 と、により構成されている。

【 0 0 6 2 】

そして、 L M システム内で発生した拡張 A E 波が接触部 1 0 及び銀薄膜 1 4 を介して圧電素子 1 3 に伝送されると、当該拡張 A E 波により圧電素子 1 3 の形状が微小ながら変形し、これにより銀薄膜 1 2 と 1 4 との間に電位差が発生することで外部線 1 5 上に上記検出信号 S a e が発生することとなる。

30

【 0 0 6 3 】

次に、図 3 に示す内部構造を備える A E センサ 1 の L M システムへの設置態様について、図 4 乃至図 6 を用いて説明する。なお、図 4 及び図 5 は、診断対象である L M システムとして移動ブロックが用いられている L M システムに A E センサ 1 を設置する場合のその態様を示す図であり、図 6 は、診断対象である L M システムとしていわゆるボールねじが用いられている L M システムに A E センサ 1 を設置する場合のその態様を示す図である。

【 0 0 6 4 】

始めに、移動ブロックを用いた L M システムに対して A E センサ 1 を設置する場合について、図 4 及び図 5 を用いて説明する。

【 0 0 6 5 】

40

図 4 (a) に示す L M システムは、長手方向に沿って後述のボール 2 2 を転走させるボール転走溝 2 0 a 及び 2 0 b が形成されたレール 2 0 と、多数の上記ボール 2 2 を介してこのレール 2 0 に係合すると共に内部にボール 2 2 の無限循環路を備えた移動ブロック 2 1 と、この移動ブロック 2 1 の移動方向の前後両端面に装着されると共にレール 2 0 の上面及び両側面に密着するシール部材 2 3 とから構成されており、かかるボール 2 2 の循環に伴って上記移動ブロック 2 1 がレール 2 0 上を往復運動するように構成されている。

【 0 0 6 6 】

これらの図に示されるように、上記レール 2 0 は断面略矩形状に形成されており、固定ボルトを挿通させるための取り付け孔 2 4 が長手方向に適宜間隔をおいて貫通形成されている。また、レール 2 0 の上面には上記取り付け孔 2 4 を挟むようにして 2 条のボール転走

50

溝 20 a が形成される一方、両側面にも 2 条のボール転走溝 20 b が夫々形成されており、これら 4 条のボール転走溝はボール 22 の球面の曲率よりも僅かに大きな曲率で深溝状に形成されている。

【 0067 】

一方、上記移動ブロック 21 は、後述するテーブル 30 等の可動体の取付け面 25 を備えたブロック本体 26 と、このブロック本体 26 の前後両端面に固定された一对のエンドプレート 27、27 とから構成されており、軌道レール 20 の上部が遊嵌する凹所を下面側に備えて断面略サドル状に形成されている。

【 0068 】

このとき、図 5 に示すように、上記ブロック本体 26 は、上記取り付け面 25 が形成された基部及びこの基部の両端から垂下する一对のスカート部を備えて断面略サドル状に形成されており、各スカート部の内側面及び基部の下面側にはレール 20 のボール転走溝 20 a 及び 20 b と夫々対向する 4 条の負荷転走溝 28 が形成されている。ボール 22 はこの負荷転走溝 28 とレール 20 のボール転走溝 20 a 及び 20 b との間で荷重を負荷しながら転走し、これによって移動ブロック 21 がレール 20 上を移動することになる。

【 0069 】

次に図 4 (a) に戻って、ブロック本体 26 の基部及び各スカート部には各負荷転走溝 28 に対応するボール戻し孔 29 が夫々穿設されており、これらボール戻し孔 29 は上記エンドプレート 27 に形成された略 U 字型の方向転換路 (図示せず) によって負荷転走溝 28 と連通連結されている。すなわち、この方向転換路はブロック本体 26 の負荷転走溝 28 を転走し終えたボール 22 を掬い上げて上記ボール戻し孔 29 へ送り込む一方、このボール戻し孔 29 から負荷転走溝 28 へボール 22 を送り出すように構成されている。従って、これらエンドプレート 27 を取付ボルト 27 a を用いてブロック本体 26 に固定することにより、上記移動ブロック 21 にボール 22 の無限循環路が形成されるようになる。

【 0070 】

そして、図 4 (a) に示した LM システムに対して実施形態の A E センサ 1 を設置する場合には、図 4 (b) にその外観側面図を示すように、例えば軌道レール 20 上を直線運動する複数の移動ブロック 21 上に上記テーブル 30 が設置されているとき、その軌道レール 20 における移動ブロック 21 の移動範囲外の位置に設置される。

【 0071 】

次に、ボールねじを用いた LM システムに対して A E センサ 1 を設置する場合について、図 6 を用いて説明する。

【 0072 】

図 6 (a) に示すように、ボールねじ 40 は、外周面に螺旋状のボール転走溝 41 a を有するねじ軸 41 と、内周面にボール転走溝 41 a と対向する螺旋状の負荷転走溝 42 a を有するナット部材 42 と、ボール転走溝 41 a と負荷転走溝 42 a 間を転動するボール 43 ... とを備える。ねじ軸 41 のボール転走溝 41 a とナット部材 42 の負荷転走溝 42 a との間で負荷転走路が構成される。ナット部材 42 には、例えば 2 つの循環部品としてのリターンパイプ 44 が取り付けられる。リターンパイプ 44 は、負荷転走路の一端と他端を連結して無負荷戻し通路を構成する。リターンパイプ 44 は略門形に形成され、中央部 44 a と中央部 44 a の両側に設けられた一对の脚部 44 b、44 b とを有する。一对の脚部 44 b、44 b は負荷転走路内に数ピッチの間隔を開けて、嵌入される。リターンパイプ 44 は、ボルト 45 等の結合手段によってナット部材 42 に固定される。

【 0073 】

ねじ軸 41 には、その周囲に螺旋状の一定のリードを備えた略断面半円状のボール転走溝 41 a が研削加工または転造加工等によって形成される。ナット部材 42 は略円筒状をなし、その端面にボールねじ 40 を機械等に取り付けるためのフランジ 46 を有する。ナット部材 42 の内周面には、ねじ軸 41 のボール転走溝 41 a に対向する略断面半円状の負荷転走溝 42 a が形成される。ナット部材 42 には、その上面が一部平取りされた平面部 4

10

20

30

40

50

7が形成される。平面部47には、リターンパイプ44の脚部44b, 44bが挿入されるリターンパイプ嵌合穴が数箇所開けられる。

【0074】

そして、図6(a)に示したLMシステムに対して実施形態のAEセンサ1を設定する場合には、図6(b)にその外観側面図を示すように、例えば台49に回転可能に支持されたねじ軸41がモータ48により回転されるボールねじ40に対してブラケット50を介してテーブル51が固定されているとき、そのボールねじ40における上記フランジ46の、ボールねじ40の中心軸に垂直な面に設置される。

【0075】

次に、主として信号処理部4を中心として実行される実施形態に係る動作状態検出処理について、図1及び図2並びに図7を用いて説明する。

10

【0076】

図7に示すように、診断対象であるLMシステムの稼動中において実施形態に係る動作状態検出処理を実行する場合には、初めに、必要な初期設定処理等を行い、次に、AEセンサ1において当該LMシステムの稼動中に生じる拡張AE現象に起因して発生する拡張AE波を検出し(ステップS1)、これに対応する検出信号Saeを波形整形部2において波形整形し(ステップS2)、上記包絡線信号Swを生成してA/Dコンバータ3を介してデジタル包絡線信号Sdwとして信号処理部4へ出力する。その後、当該拡張AE波の検出処理(ステップS1)及び波形整形処理(ステップS2)を必要な検査時間だけ繰返して上記デジタル包絡線信号Sdwの値(データ)を信号処理部4内の図示しないメモリに蓄積し(ステップS3)、その蓄積したデータに基づいて後述する各判断に用いるパラメータを演算して上記メモリ内に蓄積する(ステップS4)。

20

【0077】

ここで、当該パラメータとして具体的には、デジタル包絡線信号Sdwの値における周期性の有無、診断対象であるLMシステムに含まれている例えば移動ブロックの往復運動における一方向の移動距離とその移動速度により予め設定される検出期間内におけるデジタル包絡線信号Sdwの値の最大値、当該検出期間内における実効値、及び当該検出期間内における事象率、の四つのパラメータが用いられる。

【0078】

より具体的には、デジタル包絡線信号Sdwの値における周期性とは、LMシステムの動作に伴ってボールが公転する場合にレール面への接触とレール面からの離脱とを繰返す周期を周波数解析の手法により検出するものであり、LMシステムの動作状態を検出する場合に独特のものである。

30

【0079】

また、上記実効値は、デジタル包絡線信号Sdwの値をその検出期間について二乗平均する(すなわち積分する)ことにより求められる。

【0080】

更に、上記事象率は、デジタル包絡線信号Sdwの値が予め設定された閾値以上となった回数が上記一検出期間内に何回あったかをあらわすパラメータである。

【0081】

各パラメータの演算並びにその蓄積が終了すると、次に、信号処理部4において、デジタル包絡線信号Sdwの値についての周期性があるか否かが、予め設定されている周波数解析値を基準として判定される(ステップS5)。

40

【0082】

ステップS5の判定において周期性が検出されないときは(ステップS5; NO)、次に、デジタル包絡線信号Sdwにおける上記実効値を上記メモリから呼び出す(ステップS6)。

【0083】

そして、その呼び出された実効値が、異物が混入しているか又は正常に動作しているかを判定するために予め実験的に設定された閾値である実効値閾値以上であるか否かが判定さ

50

れる（ステップS7）。

【0084】

次に、ステップS7の判定において、その呼び出された実効値が上記実効値閾値未満であるときは（ステップS7；NO）、診断対象となっているLMシステムは現在は正常に動作していると判定し（ステップS8）、表示部5を用いてその旨を表示して（ステップS10）一連の動作状態検出処理を終了する。

【0085】

一方、ステップS7の判定において、その呼び出された実効値が上記実効値閾値以上であるときは（ステップS7；YES）、診断対象となっているLMシステムには現在異物が混入していると判定し（ステップS9）、表示部5を用いてその旨を表示して（ステップS10）一連の動作状態検出処理を終了する。

10

【0086】

他方、ステップS5の判定において周期性が検出されたときは（ステップS5；YES）、次に、デジタル包絡線信号S_{dw}における上記最大値を上記メモリから呼び出し（ステップS11）、その呼び出された最大値が、潤滑不良が現実が発生しているか否かを判定するために予め実験的に設定された閾値である最大値閾値以上であるか否かが判定される（ステップS12）。

【0087】

そして、その呼び出された最大値が上記最大値閾値以上であるときは（ステップS12；YES）、診断対象となっているLMシステムにおいて現在潤滑不良が発生していると判定し（ステップS13）、表示部5を用いてその旨を表示して（ステップS10）一連の動作状態検出処理を終了する。

20

【0088】

次に、ステップS12の判定において、呼び出された最大値が上記最大値閾値未満であるときは（ステップS12；NO）、次に、デジタル包絡線信号S_{dw}における上記事象率を上記メモリ内から呼び出す（ステップS14）。

【0089】

そして、その呼び出された事象率が、診断対象のLMシステムにおいてフレーキングが発生しているか又は潤滑不良の可能性があるかを判定するために予め実験的に設定された閾値である事象率閾値以上であるか否かが判定される（ステップS15）。

30

【0090】

次に、ステップS15の判定において、その呼び出された事象率が上記事象率閾値未満であるときは（ステップS15；NO）、診断対象となっているLMシステムにおいては現在潤滑不良が発生している可能性が高いと判定し（ステップS17）、表示部5を用いてその旨を表示して（ステップS10）一連の動作状態検出処理を終了する。なお、ステップS17にて判定される潤滑不良の程度は上述したステップS13において判定された潤滑不良の程度とは異なるものであり、前者（ステップS17の場合）は潤滑不良発生の可能性としてのみ判定できるものであり、一方、後者（ステップS13の場合）は実際に確実に潤滑不良が発生していると判定できるものである。

【0091】

他方、ステップS15の判定において、その呼び出された事象率が上記事象率閾値以上であるときは（ステップS15；YES）、診断対象となっているLMシステムにおいて現在フレーキングが発生していると判定し（ステップS16）、表示部5を用いてその旨を表示して（ステップS10）一連の動作状態検出処理を終了する。

40

【0092】

なお、上述した一連の動作状態の検出結果については、これを表示すると共に信号処理部4内の上記メモリに蓄積して統計的に処理することで、動作状態の悪化を検出して故障の発生を未然に防ぐことができることとなる。

【0093】

以上説明したように、実施形態に係る状態診断装置Sの動作によれば、LMシステムの動

50

作により発生する拡張 A E 波を検出して当該 L M システムの現在の動作状態を検出するので、当該 L M システムの稼動中に、実時間で、当該 L M システムを分解することなく、当該稼動に起因する振動の影響を排除しつつ、その動作状態を検出することができる。

【 0 0 9 4 】

従って、L M システムにおける故障の発生を予知できることともなり、当該 L M システムの使用者における整備性が向上すると共に、その長寿命化及び当該 L M システムを用いて製造された装置又は機器の品質向上に資することもできる。

【 0 0 9 5 】

また、生成されたデジタル包絡線信号 S dw に周期性があり、且つ、当該デジタル包絡線信号 S dw における上記最大値が最大値閾値以上であるとき、L M システムが現在潤滑不良状態に陥っていると判定してその旨を告知するので、L M システムにおける潤滑不良状態の発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

10

【 0 0 9 6 】

更に、生成されたデジタル包絡線信号 S dw に周期性があり、且つ、当該デジタル包絡線信号 S dw における上記最大値が最大値閾値未満であり、且つ、当該デジタル包絡線信号 S dw における上記事象率が事象率閾値未満であるとき、L M システムが潤滑不良状態に陥っている可能性があるとして判定してその旨を告知するので、L M システムにおける潤滑不良状態の発生の可能性を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 0 9 7 】

更にまた、生成されたデジタル包絡線信号 S dw に周期性があり、且つ、当該デジタル包絡線信号 S dw における上記最大値が最大値閾値未満であり、且つ、当該デジタル包絡線信号 S dw における上記事象率が事象率閾値以上であるとき、L M システムにおいてフレーキングが発生していると判定してその旨を告知するので、L M システムにおけるフレーキングの発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

20

【 0 0 9 8 】

また、生成されたデジタル包絡線信号 S dw に周期性がなく、且つ、当該デジタル包絡線信号 S dw における上記実効値が実効値閾値以上であるとき、L M システムに異物が混入していると判定してその旨を告知するので、L M システムにおける異物混入の発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 0 9 9 】

更に、生成されたデジタル包絡線信号 S dw に周期性がなく、且つ、当該デジタル包絡線信号 S dw における上記実効値が実効値閾値未満であるとき、L M システムの現在の動作状態が正常であると判定してその旨を告知するので、デジタル包絡線信号 S dw における動作状態が正常であるか否かを、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

30

【 0 1 0 0 】

なお、上記図 7 に示すフローチャートに対応するプログラムを、フレキシブルディスク又はハードディスク等の情報記録媒体に記録しておき、或いはインターネット等のネットワークを介して取得して記録しておき、汎用のマイクロコンピュータによりこれらを読み出して実行することにより、当該マイクロコンピュータを実施形態の信号処理部 4 として機能させることも可能である。この場合には、上記 A E センサ 1、波形整形部 2 及び A / D コンバータ 3 は、当該マイクロコンピュータに対して外付けの装置により構成されることとなる。

40

【 0 1 0 1 】

また、上述した実施形態では、図 2 に示す構成の状態検出装置 S を一つの装置として構成する場合について説明したが、この実施形態は、具体的には当該状態診断装置 S を診断対象である L M システムが設置・使用されている工場等に携行し、その場でその L M システムの動作状態を検出して診断する場合に適用されるものである。

【 0 1 0 2 】

そして、実施形態の状態検出装置 S は、上述した態様以外に、状態診断装置 S をその診断

50

対象となるLMシステムが設置・使用されている工場等に常備し、その状態診断装置Sを電話回線等により診断員が離隔した場所から遠隔操作することで、当該LMシステムの動作状態の検出及びその診断を行う場合に適用することもできる。

【0103】

更に、状態診断装置Sをその診断対象となるLMシステムが設置・使用されている工場等に常備し、その状態診断装置Sにおいて自動的に診断対象のLMシステムの動作状態の検出及びその診断を行い、これと並行してその検出結果を他の場所に伝送して蓄積し、累積的な故障診断をその蓄積した検出結果を元に行う場合に本発明を適用することも可能である。

【0104】

更にまた、上述した実施形態では、一のAEセンサ1に対して波形整形部2、ADコンバータ3、信号処理部4及び表示部5を夫々一つづつ用いて状態検出装置Sを構成する場合について説明したが、これ以外に、複数のAEセンサ1からの検出信号S_{ae}をスイッチング回路を介して一の波形整形部2に入力させ、複数のAEセンサ1からの検出信号S_{ae}を夫々の波形整形部2、ADコンバータ3、信号処理部4及び表示部5を用いて処理するように構成することもできる。この場合は、波形整形部2、ADコンバータ3、信号処理部4及び表示部5を用いた検出処理の実行タイミングと、対応するAEセンサ1からの検出信号S_{ae}の取り込みタイミングと、を同期させることが必要となる。

【0105】

【実施例】

次に、図7に示すフローチャートにおけるステップS5、S7、S12及びS15における判定の基準となる上記周波数解析値、上記実効値閾値、上記最大値閾値及び上記事象率閾値の夫々につき、具体的な例を示す。

【0106】

なお、以下に示す各閾値の実施例は、AEセンサ1が設置されるLMガイドとして出願人製造に係る型番SNS55LR型を用い、移動ブロックに対する外部加重を0.1C(14kN)とし、移動ブロックの移動距離であるストロークを250mmとし、その移動速度を24m/分とし、潤滑剤としてモービル石油有限会社製DTE26型潤滑油を定量間欠給油し、検出信号S_{ae}に対するサンプルレートを10キロヘルツとし、計測時間として0.4秒計測した場合の実施例である。

【0107】

上記各条件に従うとき、上記周波数解析値の例としては、上記デジタル包絡線信号S_{dw}をFFT変換して周波数解析(パワースペクトラム)することにより得られる二乗電圧値(いわゆるV²値)が 1.0×10^{-9} (V²)を超えたときは周期性があると判定し、これを超えないときは周期性がないと判定される。

【0108】

また、同じく上記実効値閾値の例としては、上記デジタル包絡線信号S_{dw}における実効値として 1.0×10^{-4} (V)が適切である。

【0109】

更に、同じく上記最大値閾値の例としては、上記デジタル包絡線信号S_{dw}における最大値として 2.0×10^{-3} (V)が適切である。

【0110】

最後に、同じく上記事象率閾値の例としては、上記デジタル包絡線信号S_{dw}において 5.0×10^{-4} (V)より高い値を示す回数が5乃至7個であることが適切である。

【0111】

なお、上述した実施例における各値は、具体的には、上記した各条件から移動ブロックに対する外部加重及び移動ブロックのストロークを除いた条件の変化に則って変化するものである。

【0112】

【発明の効果】

10

20

30

40

50

以上説明したように、請求項 1 に記載の発明によれば、直動転がり案内装置の稼動により弾性的に発生する上記波動を検出して当該直動転がり案内装置の現在の動作状態を検出するので、当該直動転がり案内装置の稼動中に、実時間で、当該直動転がり案内装置を分解することなく、当該稼動に起因する振動の影響を排除しつつ、その動作状態を検出することができる。

【 0 1 1 3 】

従って、直動転がり案内装置における故障の発生を予測できることともなり、当該直動転がり案内装置の使用者における整備性が向上すると共に、その長寿命化及び当該直動転がり案内装置を用いて製造された装置又は機器の品質向上に資することもできる。

【 0 1 1 4 】

請求項 2 に記載の発明によれば、請求項 1 に記載の発明の効果に加えて、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値以上であるとき、直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っていると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における潤滑不良状態の発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 1 1 5 】

請求項 3 に記載の発明によれば、請求項 1 に記載の発明の効果に加えて、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値未満であり、且つ、当該検出信号における事象率が事象率閾値未満であるとき、直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性がある」と判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における潤滑不良状態の発生の可能性を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 1 1 6 】

請求項 4 に記載の発明によれば、請求項 1 に記載の発明の効果に加えて、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値未満であり、且つ、当該検出信号における事象率が事象率閾値以上であるとき、直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置におけるフレーキングの発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 1 1 7 】

請求項 5 に記載の発明によれば、請求項 1 に記載の発明の効果に加えて、生成された検出信号に周期性がなく、且つ、当該検出信号における実効値が実効値閾値以上であるとき、直動転がり案内装置に異物が混入していると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における異物混入の発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 1 1 8 】

請求項 6 に記載の発明によれば、請求項 1 に記載の発明の効果に加えて、生成された検出信号に周期性がなく、且つ、当該検出信号における実効値が実効値閾値未満であるとき、直動転がり案内装置の現在の動作状態が正常であると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における動作状態が正常であるか否かを、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 1 1 9 】

請求項 7 に記載の発明によれば、直動転がり案内装置の稼動により弾性的に発生する上記波動を検出して当該直動転がり案内装置の現在の動作状態を検出するので、当該直動転がり案内装置の稼動中に、実時間で、当該直動転がり案内装置を分解することなく、当該稼動に起因する振動の影響を排除しつつ、その動作状態を検出することができる。

【 0 1 2 0 】

従って、直動転がり案内装置における故障の発生を予測できることともなり、当該直動転がり案内装置の使用者における整備性が向上すると共に、その長寿命化及び当該直動転がり案内装置を用いて製造された装置又は機器の品質向上に資することもできる。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 1 】

請求項 8 に記載の発明によれば、請求項 7 に記載の発明の効果に加えて、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値以上であるとき、直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っていると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における潤滑不良状態の発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 1 2 2 】

請求項 9 に記載の発明によれば、請求項 7 に記載の発明の効果に加えて、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値未満であり、且つ、当該検出信号における事象率が事象率閾値未満であるとき、直動転がり案内装置が潤滑不良状態に陥っている可能性がある」と判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における潤滑不良状態の発生の可能性を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

10

【 0 1 2 3 】

請求項 10 に記載の発明によれば、請求項 7 に記載の発明の効果に加えて、生成された検出信号に周期性があり、且つ、当該検出信号における最大値が最大値閾値未満であり、且つ、当該検出信号における事象率が事象率閾値以上であるとき、直動転がり案内装置においてフレーキングが発生していると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置におけるフレーキングの発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

20

【 0 1 2 4 】

請求項 11 に記載の発明によれば、請求項 7 に記載の発明の効果に加えて、生成された検出信号に周期性がなく、且つ、当該検出信号における実効値が実効値閾値以上であるとき、直動転がり案内装置に異物が混入していると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における異物混入の発生を、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

【 0 1 2 5 】

請求項 12 に記載の発明によれば、請求項 7 に記載の発明の効果に加えて、生成された検出信号に周期性がなく、且つ、当該検出信号における実効値が実効値閾値未満であるとき、直動転がり案内装置の現在の動作状態が正常であると判定してその旨を告知するので、直動転がり案内装置における動作状態が正常であるか否かを、その稼動中に実時間で簡易且つ正確に検出することができる。

30

【 0 1 2 6 】

請求項 13 に記載の発明によれば、状態検出用プログラムをコンピュータで読み出して実行することにより、直動転がり案内装置の稼動により弾性的に発生する上記波動を検出して当該直動転がり案内装置の現在の動作状態を検出するように当該コンピュータが機能するので、当該直動転がり案内装置の稼動中に、実時間で、当該直動転がり案内装置を分解することなく、当該稼動に起因する振動の影響を排除しつつ、その動作状態を検出することができる。

【 0 1 2 7 】

従って、直動転がり案内装置における故障の発生を予知できることともなり、当該直動転がり案内装置の使用者における整備性が向上すると共に、その長寿命化及び当該直動転がり案内装置を用いて製造された装置又は機器の品質向上に資することもできる。

40

【 0 1 2 8 】

請求項 14 に記載の発明によれば、請求項 13 に記載の状態検出用プログラムがコンピュータにより読取可能に記録されているので、当該状態検出用プログラムをコンピュータで読み出して実行することにより、直動転がり案内装置の稼動により弾性的に発生する上記波動を検出して当該直動転がり案内装置の現在の動作状態を検出するように当該コンピュータが機能するので、当該直動転がり案内装置の稼動中に、実時間で、当該直動転がり案内装置を分解することなく、当該稼動に起因する振動の影響を排除しつつ、その動作状態

50

を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の原理を説明する図であり、(a) 及び (b) は実施形態に係る拡張 A E 波の発生を示し図であり、(c) は拡張 A E 波に対応する包絡線検波波形の例である。

【図 2】実施形態の状態検出装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】実施形態の A E センサの構成を示す縦断面図である。

【図 4】実施形態の A E センサの設置態様を示す図 (I) であり、(a) は移動ブロックを含む L M センサの構造を斜視図であり、(b) は当該 L M センサに A E センサを設置する場合の位置の例を示す外観側面図である。

【図 5】実施形態の移動ブロックを含む L M システムの側面図である。

10

【図 6】実施形態の A E センサの設置態様を示す図 (II) であり、(a) はボールねじを含む L M センサの構造を斜視図であり、(b) は当該 L M センサに A E センサを設置する場合の位置の例を示す外観側面図である。

【図 7】実施形態の動作状態検出処理を示すフローチャートである。

【符号の説明】

1 ... A E センサ

2 A ... B P F

2 B ... 包絡線検波部

2 ... 波形整形部

3 ... A / D コンバータ

20

4 ... 信号処理部

5 ... 表示部

1 0 ... 接触部

1 1 ... 筐体

1 2、1 4 ... 銀蒸着膜

1 3 ... 圧電素子

1 5 ... 外部線

2 0、L M ... レール

2 1、C ... 移動ブロック

2 2、4 3、B ... ボール

30

S ... 状態診断装置

G ... 転動面

R ... リテーナ

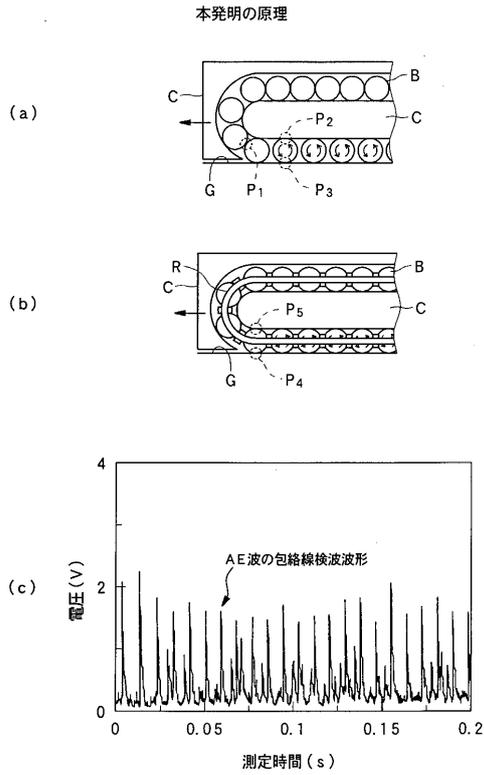
S ae... 検出信号

S w... 包絡線信号

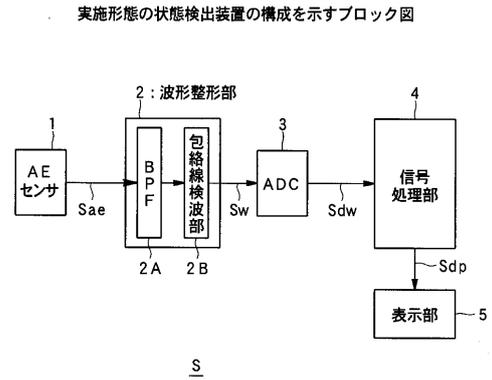
S dw... デジタル包絡線信号

S dp... 判定信号

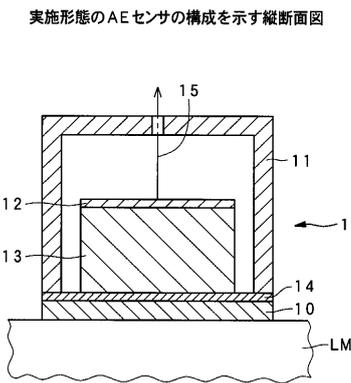
【図1】



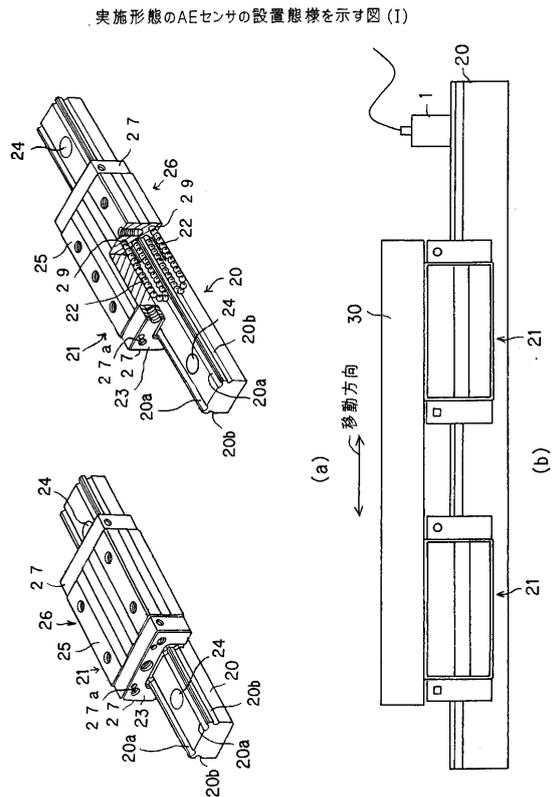
【図2】



【図3】

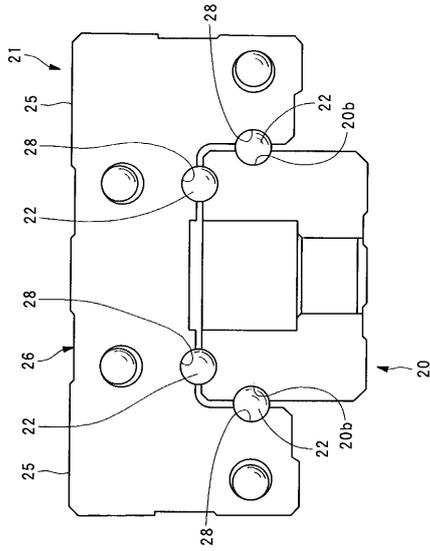


【図4】



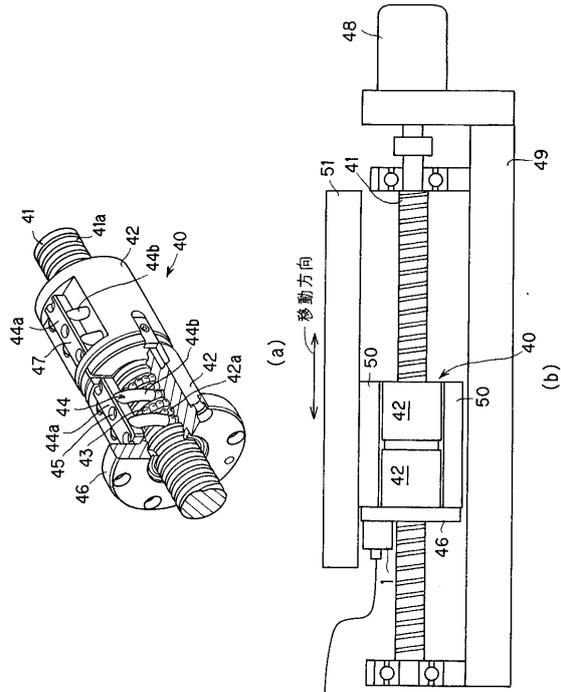
【図5】

実施形態の移動ブロックを含むLMシステムの側面図



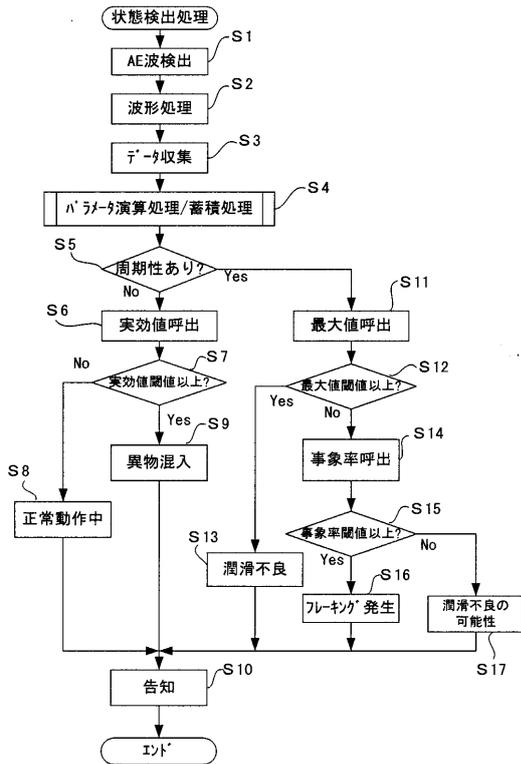
【図6】

実施形態のAEセンサの設置態様を示す図(II)



【図7】

動作状態検出処理を示すフローチャート



フロントページの続き

審査官 佐藤 高弘

- (56)参考文献 特開昭64-049708(JP,A)
特開2003-056574(JP,A)
特開2001-324417(JP,A)
実開昭62-133023(JP,U)
特開平01-172621(JP,A)
特開平01-172622(JP,A)
特開昭55-138616(JP,A)
特開昭57-194331(JP,A)
特開昭58-063831(JP,A)
特開平09-210860(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C 19/52
F16C 29/06
F16H 25/20
F16H 25/22