

明 細 書

発明の名称： 鉄道車両の軸受監視装置

技術分野

[0001] 本発明は、車体を支持する台車の軸受を監視する鉄道車両の軸受監視装置に関する。

背景技術

[0002] 鉄道車両の台車では、軸箱に收容された軸受に、熱電対ゲージ、歪みゲージ及び磁気センサを取り付けることで、軸受の温度、荷重及び回転速度を検出して軸受の異常を検知する装置が知られている（例えば、特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-121639号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、軸受の温度、荷重及び回転速度を検出するために、熱電対ゲージ、歪みゲージ及び磁気センサからなる一組のセンサ群を軸受ごとに取り付けねばならないとともに、軸箱内の狭いスペースにセンサ群を配置してセンサ群からの配線を軸箱外に導出する必要がある。そのため、鉄道車両全体の軸受の数と同じ数だけセンサ群が必要となり、装置コストが高くなるとともに、設置作業も煩雑になる。

[0005] そこで本発明は、軸受の温度とともに軸受の荷重及び／又は回転速度を取得して軸受の状態を監視する装置において、装置コスト及び設置作業を低減することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様に係る鉄道車両の軸受監視装置は、車体及び台車を有する複数の車両が互いに連結されてなる鉄道車両の軸受監視装置であって、各前

記台車に設けられ、各前記台車の軸受の温度を直接的又は間接的に検出する軸受温度センサと、前記複数の車両の少なくとも1つの前記車体に設けられ、前記軸受の荷重又は回転速度の算出に用いる少なくとも1つの状態センサと、前記複数の車両の少なくとも1つの車体に設けられ、前記軸受温度センサ及び前記状態センサで検出された各信号の各データを記憶する記憶器と、を備える。

[0007] 前記構成によれば、軸受の荷重又は回転速度の算出に用いる状態センサが、台車ではなく車体に設けられるので、状態センサを個々の軸受に取り付けずに済むとともに、記憶器と状態センサとの間の通信線を台車に配線せずに済み、装置コスト及び設置作業を低減できる。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、軸受の温度とともに軸受の荷重及び／又は回転速度を取得して軸受の状態を監視する装置において、装置コスト及び設置作業を低減できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施形態に係る鉄道車両の軸受監視装置が搭載された列車編成の模式図である。

[図2]図1に示す軸受監視装置のブロック図である。

[図3]図2に示す軸受監視装置の診断処理のフローチャートである。

[図4] (a) は監視値である温度値の第1可変閾値と荷重／回転速度との関係を示す図である。(b) は監視値である温度上昇率の第2可変閾値と荷重／回転速度との関係を示す図である。

[図5]特定の軸受荷重及び回転速度における監視値の発生頻度の運用実績を示す分布の例である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照して実施形態を説明する。

[0011] 図1は、実施形態に係る鉄道車両の軸受監視装置10が搭載された列車編成1の模式図である。図1に示すように、列車編成1は、第1車両11と、

第1車両11に隣接する第2車両12と、第2車両12に隣接する第3車両13と、第3車両13に隣接する第4車両14と、を備える。列車編成1は、これら車両11～14が連結器Cを介して直列に連結されてなる。なお、図1では、5両以上の編成の4両のみを図示したものとしたが、編成される車両の数はこれに限られない。

[0012] 第1車両11は、第1車体21と、第1車体21の長手方向の両端部寄りに配置されて第1車体21を支持する一对の第1台車31F、31Rと、を有する。第2車両12は、第2車体22と、第2車体22の長手方向の両端部寄りに配置されて第2車体22を支持する一对の第2台車32F、32Rと、を有する。第3車両13は、第3車体23と、第3車体23の長手方向の両端部寄りに配置されて第3車体23を支持する一对の第3台車33F、33Rと、を有する。第4車両14は、第4車体24と、第4車体24の長手方向の両端部寄りに配置されて第4車体24を支持する一对の第4台車34F、34Rと、を有する。第1～第4車両11～14では、各車体21～24と各台車31F～34F、31R～34Rとの間にそれぞれ第1～第4空気バネ71～74が介在している。

[0013] 列車編成1には、鉄道車両の軸受監視装置10が搭載される。軸受監視装置10は、各台車31F～34F、31R～34Rの軸箱BX内の軸受BRの温度、負荷荷重（以下、単に荷重と称す）及び回転速度を監視し、軸受BRの異常を検知する装置である。軸受監視装置10は、第1～第4軸受温度センサ41F～44F、41R～44Rと、第1～第4無線送信機51F～54F、51R～54Rと、第1及び第2無線受信機61F、61R、63F、63Rと、第1及び第2加速度センサ91、93（状態センサ）を内蔵した第1及び第2データ処理装置81、83と、第1及び第2空気バネ圧力センサ101、103（状態センサ）と、第1及び第2雰囲気温度センサ111、113と、を備える。

[0014] 第1～第4軸受温度センサ41F～44F、41R～44Rは、第1～第4台車31F～34F、31R～34Rの各軸箱BXにそれぞれ設けられ、

軸箱ＢＸ内の軸受ＢＲの温度を検出する。即ち、１台車あたり４つの軸受温度センサが設置され、各台車の全ての軸受の温度が検出される。各軸受温度センサ４１Ｆ～４４Ｆ、４１Ｒ～４４Ｒは、軸受ＢＲに接触して軸受ＢＲの温度を直接的に検出する。但し、各軸受温度センサ４１Ｆ～４４Ｆ、４１Ｒ～４４Ｒは、軸受ＢＲに接触せずに軸箱ＢＸに接触し、軸箱ＢＸの温度を検出することで間接的に軸受ＢＲの温度を検出するものとしてもよい。

[0015] 第１～第４無線送信機５１Ｆ～５４Ｆ、５１Ｒ～５４Ｒは、第１～第４軸受温度センサ４１Ｆ～４４Ｆ、４１Ｒ～４４Ｒに夫々対応して各軸箱ＢＸに設けられ、各軸受温度センサ４１Ｆ～４４Ｆ、４１Ｒ～４４Ｒで検出された温度情報を含むセンサ信号をそれぞれ無線送信する。本実施形態では、無線送信機は軸受温度センサとともに同じ筐体内に収納されて当該筐体が軸箱に取り付けられており、１台車あたりの無線送信機の数軸受温度センサと同様に４つとしている。

[0016] 第１無線受信機６１Ｆ、６１Ｒは、第１車体２１の前部及び後部に１つずつ設けられ、第２無線受信機６３Ｆ、６３Ｒは、第３車体２３の前部及び後部に１つずつ設けられる。無線受信機は一両おき毎に設けられ、第２車両１２及び第４車両１４には、無線受信機は設けられていない。即ち、列車編成１は、無線受信機が設置された車両が一両おき毎に連結されてなる。第１無線受信機６１Ｆは、第１車体２１の長手方向の一端部の下部に設けられ、第１無線受信機６１Ｒは、第１車体２１の長手方向の他端部の下部に設けられる。第２無線受信機６３Ｆは、第３車体２３の長手方向の一端部の下部に設けられ、第２無線受信機６３Ｒは、第３車体２３の長手方向の他端部の下部に設けられる。

[0017] 第１無線受信機６１Ｆは、４つの無線送信機５１Ｆから無線送信されたセンサ信号を受信する。第１無線受信機６１Ｒは、４つの第１無線送信機５１Ｒ及び４つの第２無線送信機５２Ｆから無線送信されたセンサ信号を受信する。即ち、第１無線受信機６１Ｒは、自車両の第１台車３１Ｒの各センサ信号と、隣接車両の第２台車３２Ｆの各センサ信号を受信する。第２無線受信

機 6 3 F も、4 つの第 2 無線送信機 5 2 R 及び第 4 つの 3 無線送信機 5 3 F から無線送信されたセンサ信号を受信する。第 2 無線受信機 6 3 R も、4 つの第 3 無線送信機 5 3 R 及び 4 つの第 4 無線送信機 5 4 F から無線送信されたセンサ信号を受信する。

[0018] 第 1 データ処理装置 8 1 は、第 1 車体 2 1 に設けられ、第 2 データ処理装置 8 3 は、第 3 車体 2 3 に設けられる。第 2 車両 1 2 及び第 4 車両 1 4 には、データ処理装置は設けられていない。即ち、データ処理装置は、当該データ処理装置に接続される無線受信機が設けられた車両と同じ車両に設けられる。第 1 データ処理装置 8 1 は、第 1 無線受信機 6 1 F, 6 1 R に通信線を介して接続される。第 2 データ処理装置 8 3 は、第 2 無線受信機 6 3 F, 6 3 R に通信線を介して接続される。第 1 及び第 2 データ処理装置 8 1, 8 3 に保存されたデータは外部からアクセス可能であり、例えば、第 1 及び第 2 データ処理装置 8 1, 8 3 は、図示しない通信線や記録媒体等を介して当該データを抽出可能に構成されている。

[0019] 第 1 データ処理装置 8 1 は、第 1 車体 2 1 に取り付けられる筐体 1 2 1 を有し、第 1 車体 2 1 の床下に配置される。第 2 データ処理装置 8 3 は、第 3 車体 2 3 に取り付けられる筐体 1 2 3 を有し、第 3 車体 2 3 の床下に配置される。このようにすれば、軸受温度センサ 4 1 F ~ 4 4 F, 4 1 R ~ 4 4 R と空気バネ圧力センサ 1 0 1, 1 0 3 との両方に近い位置にデータ処理装置 8 1, 8 3 が設けられるため、装置コスト及び設置作業を低減できるとともに、通信安定性も向上できる。また、第 1 データ処理装置 8 1 の筐体 1 2 1 には、第 1 加速度センサ 9 1 が収容され、第 2 データ処理装置 8 3 の筐体 1 2 3 には、第 2 加速度センサ 9 3 が収容される。これにより、加速度センサ 9 1, 9 3 の配線が削減され、装置コスト及び設置作業を低減できる。加速度センサ 9 1, 9 3 は、車両長手方向の加速度、即ち、車両進行方向の加速度を検出する。後述するように、加速度センサ 9 1, 9 3 は、第 1 及び第 2 データ処理装置 8 1, 8 3 において各台車 3 1 F ~ 3 4 F, 3 1 R ~ 3 4 R の各軸受 B R の回転速度の算出に用いられる。

- [0020] 第1空気バネ圧力センサ101は、第1車体21に設けられ、第1車体21と第1台車31Fとの間に介在する第1空気バネ71の内圧値を検出する。第2空気バネ圧力センサ103は、第3車体23に設けられ、第3車体23と第3台車33Fとの間に介在する第3空気バネ73の内圧値を検出する。第1空気バネ圧力センサ101は、第1データ処理装置81に接続され、第2空気バネ圧力センサ103は、第2データ処理装置83に接続される。後述するように、第1空気バネ圧力センサ101は、第1データ処理装置81において第1台車31F、31Rの各軸受BRの荷重の算出に用いられる。第2空気バネ圧力センサ103は、第2データ処理装置83において第3台車33F、33Rの各軸受BRの荷重の算出に用いられる。
- [0021] 前記のように、軸受BRの回転速度及び荷重の算出に用いる各センサ91、93、101、103が、台車ではなく車体に設けられるので、それらセンサ91、93、101、103を個々の軸受BRに取り付けずに済むとともに、それらセンサ91、93、101、103とデータ処理装置81、83との間の通信線を台車に配線せずに済み、装置コスト及び設置作業を低減できる。
- [0022] 第1及び第2雰囲気温度センサ111、113は、それぞれ第1及び第2データ処理装置81、83に接続され、列車編成1の車外の雰囲気温度を検出する。第1及び第2雰囲気温度センサ111、113は、例えば、第1及び第2データ処理装置81、83の筐体121、123を介して第1及び第2データ処理装置81、83の下方に配置される。このように、雰囲気温度センサ111、113が車体21、23の床から下方に十分離されるとともに、車体21、23と雰囲気温度センサ111、113との間にデータ処理装置81、83が介在することになるので、車体21、23から放射される熱による雰囲気温度センサ111、113への熱影響を抑制できる。
- [0023] 図2は、図1に示す軸受監視装置10のブロック図である。なお、軸受監視装置10では、第1車両11に搭載される構成と第3車両13に搭載される構成とは実質的に同じであるので、図2では代表して第3車両13に搭載

される構成について説明する。図2に示すように、データ処理装置83は、その筐体123内に、データ処理ユニット200及び加速度センサ93を有する。データ処理ユニット200は、プロセッサ、揮発性メモリ、不揮発性メモリ及びI/Oインターフェース等を有する。データ処理ユニット200は、受信部201、記憶部202、診断部203及び出力部204を有する。受信部201及び出力部204は、I/Oインターフェースにより実現される。記憶部202は、揮発性メモリ及び不揮発性メモリにより実現される。診断部203は、不揮発性メモリに保存されたプログラムに従ってプロセッサが揮発性メモリを用いて演算処理することで実現される。

[0024] 受信部201は、無線送信機52R、53F、53R、54Fから無線受信機63F、63Rが受信した16個の軸受BRの各温度の情報を受信する。また、受信部201は、加速度センサ93から車両進行方向の加速度のデータを受信する。また、受信部201は、空気バネ圧力センサ103から空気バネ73の内圧値のデータを受信する。また、受信部201は、雰囲気温度センサ113から車外の雰囲気温度のデータを受信する。記憶部202は、受信部201が受信した各データを保存する。診断部203は、記憶部202に保存された各データに基づいて4つの台車32R、33F、33R、34Fの全ての軸受BRの状態を診断する。出力部204は、診断部203で判定された結果を所定の態様（例えば、送信、表示、音等）により出力する。

[0025] 図3は、図2に示す軸受監視装置10の診断処理のフローチャートである。図2及び3に示すように、まず、診断部203は、受信部201で受信された各軸受温度のデータから、各軸受BRの状態を監視するための監視値を算出する（ステップS1）。具体的には、診断部203は、受信部201で受信された各軸受温度 T_n （ n は1～16の整数）から雰囲気温度センサ113で検出された雰囲気温度 T_0 を引き算して得られる各温度値 ΔT_n を第1監視値として算出する。これにより、雰囲気温度の変動により異常検知の精度が低下するのを防止できる。また、診断部203は、受信部201で受信され

た各軸受温度 T_n の正の時間変化率である各温度上昇率 $(d/dt) \cdot \Delta T_n$ を第2監視値として算出する。

[0026] 次いで、診断部203は、空気バネ圧力センサ103で検出された空気バネ73の内圧値 P を用いて各軸受BRに負荷された鉛直方向の荷重 F を算出する（ステップS2）。具体的には、診断部203は、以下の数式1により軸受BRの荷重 F を算出する。但し、 A は、空気バネの受圧面積であり、 W は、台車のうち空気バネと軸受との間に介在する部材（例えば、台車枠等）の重量である。

$$F = (P \cdot A + W / 2) / 2 \quad \dots \dots \text{(数式1)}$$

[0027] このように、空気バネ71, 73の内圧値から各軸受BRに掛かる荷重を算出することで、従来のように各軸受BRに歪みゲージを取り付ける必要がなく、装置コスト及び設置作業を低減できる。その際、各車両11～14の空気バネ71～74の各内圧値の差異は小さいと考えられるため、データ処理装置81, 83の搭載されていない第2及び第4車両12, 14の空気バネ72, 74の内圧値は、第1及び第3車両11, 13の空気バネ71, 73の内圧値で代用される。例えば、第2車両12の各空気バネ72のうち第1車両11側の空気バネ72の内圧値には、第1車両11の空気バネ71の内圧値を用い、第2車両12の各空気バネ72のうち第3車両13側の空気バネ72の内圧値には、第3車両13の空気バネ73の内圧値を用いることで、車両間の配線の増加が防止され、装置コスト及び設置作業を低減できる。

[0028] 次いで、診断部203は、加速度センサ93で検出された車両進行方向の加速度 A_{cc} から軸受BRの回転速度 N を算出する（ステップS3）。具体的には、診断部203は、以下の数式2により軸受BRの回転速度 N を算出する。但し、 D は、台車の車輪直径であり、 π は円周率である。このように、車体に設けた加速度センサ93で検出された加速度から軸受BRの回転速度 N を算出するので、車体と台車との間の配線が低減され、装置コスト及び設置作業を低減できる。

$$N = \int A c c \cdot d t / (\pi D) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (\text{数式 2})$$

[0029] 次いで、診断部 203 は、第 1 監視値（温度値 ΔT_n ）が固定閾値 $T_{H_{x1}}$ 、 $T_{H_{x2}}$ （ $T_{H_{x1}} < T_{H_{x2}}$ ）以下であるか否かを判定し、かつ、第 2 監視値（温度上昇率 $(d/dt) \cdot \Delta T_n$ ）が固定閾値 $T_{H_{y1}}$ 、 $T_{H_{y2}}$ （ $T_{H_{y1}} < T_{H_{y2}}$ ）以下であるか否かを判定する（ステップ S4）。具体的には、診断部 203 は、温度値 ΔT が固定閾値 $T_{H_{x1}}$ を超えたと判定し、かつ、当該判定が所定回数又は所定時間以上となった場合には（ステップ S5）、軽度の異常と判定して出力部 204 から軽度異常を知らせる出力を行うとともに（ステップ S6）、記憶部 202 にその記録を行う（ステップ S10）。診断部 203 は、温度値 ΔT_n が固定閾値 $T_{H_{x2}}$ を超えたと判定し、かつ、当該判定が所定回数又は所定時間以上となった場合には（ステップ S5）、重度の異常と判定して出力部 204 から重度異常を知らせる出力を行うとともに（ステップ S6）、記憶部 202 にその記録を行う（ステップ S10）。

[0030] また同様に、診断部 203 は、温度上昇率 $(d/dt) \cdot \Delta T_n$ が固定閾値 $T_{H_{y1}}/T_{H_{y2}}$ を超えたと判定し、かつ、当該判定が所定回数又は所定時間以上となった場合には（ステップ S5）、軽度／重度の異常と判定し、出力部 204 から異常を知らせる出力を行うとともに（ステップ S6）、記憶部 202 にその記録を行う（ステップ S10）。このように、ステップ S4～S6 にて固定閾値による異常検知がなされた場合には、後述する監視値と可変閾値との比較（ステップ S7）をせずにステップ S10 に飛ぶ。

[0031] ステップ S4 にて、温度値及び温度上昇率の両方が、何れの固定閾値も超えていないと判定された場合、診断部 203 は、第 1 監視値（温度値 ΔT_n ）が第 1 可変閾値 T_{H_a} 以下であるか否かを判定し、かつ、第 2 監視値（温度上昇率 $(d/dt) \cdot \Delta T_n$ ）が第 2 可変閾値 T_{H_b} 以下であるか否かを判定する（ステップ S7）。

[0032] 図 4（a）に示すように、温度値用の第 1 可変閾値 T_{H_a} は、軸受 BR の荷重 F が減少するにつれて減少するように設定され、かつ、軸受 BR の回転速度 N が減少するにつれて減少するように設定される。図 4（b）に示すよう

に、温度上昇率用の第2可変閾値 TH_b も、軸受BRの荷重 F が減少するにつれて減少するように設定され、かつ、軸受BRの回転速度 N が減少するにつれて減少するように設定される。可変閾値 TH_a 、 TH_b の設定にあたっては、事前に列車編成1を実際に走行させて得られた監視値（温度値／温度上昇率）の発生頻度の運用実績を示す分布を特定の軸受荷重及び回転速度ごとに作成し（図5参照）、その監視値の発生頻度のうち $\sigma \sim 3\sigma$ の範囲から選ばれる値を可変閾値 TH_a 、 TH_b に決定する。

[0033] なお、可変閾値 TH_a 、 TH_b は、三次元テーブルとして記憶部202に保存されてもよいし、軸受の荷重及び回転速度を入力とした演算式により求められてもよい。また、可変閾値 TH_a 、 TH_b は、荷重 F ／回転速度 N が増加するにつれて、一次関数状に減少するものを例示したが、非線形関数状に減少してもよいし、階段状に減少してもよい。即ち、可変閾値 TH_a 、 TH_b は、荷重 F ／回転速度 N が第1値のときに比べて第2値（第2値<第1値）のときの方が、小さい値に設定されればよい。

[0034] ステップS7にて、診断部203は、第1監視値（温度値 ΔT ）が第1可変閾値 TH_a を超えたと判定し、かつ、当該判定が所定回数又は所定時間以上となった場合には（ステップS8）、軽度の異常と判定して出力部204から軽度異常を知らせる出力を行うとともに（ステップS9）、記憶部202にその記録を行う（ステップS10）。また同様に、ステップS7では、診断部203は、第2監視値（温度上昇率 $(d/dt) \cdot \Delta T_n$ ）が第2可変閾値 TH_b を超えたと判定し、かつ、当該判定が所定回数又は所定時間以上となった場合にも（ステップS8）、軽度の異常と判定し、出力部204から異常を知らせる出力を行うとともに（ステップS9）、記憶部202にその記録を行う（ステップS10）。

[0035] このように、診断部203は、軸受BRの荷重 F ／回転速度 N が減少して軸受BRが過熱され難い状況においては、可変閾値 TH_a 、 TH_b を下げることで、軸受BRの異常な温度上昇を早期に検知できる。他方、軸受BRの荷重 F ／回転速度 N が増加して軸受BRが過熱され易い状況においては、可変閾

値 TH_a , TH_b を上げることで、軸受 BR の正常な温度上昇を異常と誤検知するのを防止できる。また、診断部 203 は、温度値又は温度上昇率のいずれか一方が可変閾値を超えた段階で異常が発生したと判定するため、軸受 BR の異常な温度上昇を更に早期に検知できる。例えば、温度値が可変閾値を超えずとも、温度上昇率が可変閾値を超えた場合には、異常を検知でき、温度値のみを監視する場合に比べて、故障の予兆を早期に検知することができる。

[0036] なお、本発明は前述した実施形態に限定されるものではなく、その構成を変更、追加、又は削除することができる。前記実施形態では、空気バネ圧力センサを 1 車両につき 1 つ設けて、一对の台車の各空気バネの内圧値を算出したが、個々の空気バネに空気バネ圧力センサを設けてもよい。第 1 及び第 3 車両のデータ処理装置には、第 2 及び第 4 車両の空気バネの実際の内圧値データが入力されない構成としたが、第 2 及び第 4 車両の空気バネの内圧値データをそれぞれ第 1 及び第 3 車両の 2 データ処理装置に有線又は無線で入力する構成としてもよい。加速度センサは、データ処理装置ごとに設けたが、列車編成に 1 つ加速度センサを設けて、各データ処理装置が当該加速度センサで検出した加速度情報を共用してもよい。雰囲気温度センサは、データ処理装置の筐体に収容されてもよい。雰囲気温度センサは、データ処理装置の筐体内でデータ処理ユニットの下方に配置されてもよい。監視値は、温度値又は温度上昇率の一方のみでもよい。また、温度値は、軸受温度そのものでもよい。診断部 203 は、データ処理装置に設けられずに車両の外部（例えば、遠隔地）に設けられて、データ処理装置と通信するように構成されてもよい。

符号の説明

- [0037] 1 列車編成
 10 軸受監視装置
 11～14 車両
 21～24 車体

3 1 F ~ 3 4 F, 3 1 R ~ 3 4 R 台車
4 1 F ~ 4 4 F, 4 1 R ~ 4 4 R 軸受温度センサ
5 1 F ~ 5 4 F, 5 1 R ~ 5 4 R 無線送信機
6 1 F, 6 1 R, 6 3 F, 6 3 R 無線受信機
7 1 ~ 7 4 空気バネ
8 1, 8 3 データ処理装置
9 1, 9 3 加速度センサ
1 0 1, 1 0 3 空気バネ圧力センサ
1 2 1, 1 2 3 筐体
2 0 1 受信部 (受信器)
2 0 2 記憶部 (記憶器)
2 0 3 診断部 (診断器)
B R 軸受