

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-206384

(P2017-206384A)

(43) 公開日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B66C 23/90 (2006.01)	B66C 23/90 N	3F205
B66C 23/42 (2006.01)	B66C 23/42 A	
B66C 13/16 (2006.01)	B66C 13/16 C	

審査請求 有 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 51 頁)

(21) 出願番号 特願2017-44953 (P2017-44953)
 (22) 出願日 平成29年3月9日(2017.3.9)
 (31) 優先権主張番号 10 2016 104 358.3
 (32) 優先日 平成28年3月10日(2016.3.10)
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(71) 出願人 507186322
 マニトワック・クレーン・グループ・フランス・ソシエテ・パール・アクション・サンプリフィエ
 Manitowoc Crane Group France SAS
 フランス69574ダルディリー・セデックス、シュマン・デュ・ムーラン・カロン66番 - セ60236
 (74) 代理人 100101454
 弁理士 山田 卓二
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄

最終頁に続く

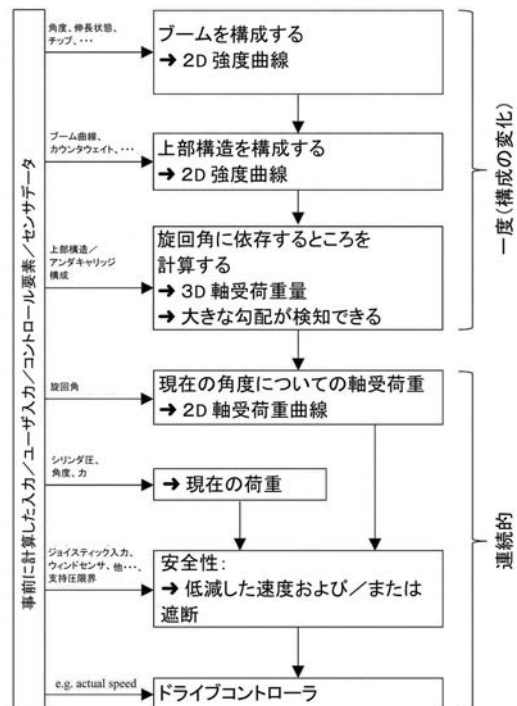
(54) 【発明の名称】 クレーンの積載荷重を確認する方法、およびクレーン

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】複数のサブアセンブリを有するクレーンの機能的要素の積載荷重、クレーンのサブアセンブリの積載荷重、またはクレーンの積載荷重を確認する方法の提供。

【解決手段】最大軸受荷重は、所定の公式に基づいて、具体的に発生している構成、および/または具体的に発生している状態パラメータ、および/または具体的に発生している操作パラメータについて計算され、かつ、格納された軸受荷重値に基づいて検証される。

【選択図】 図 1 0



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

特定の構成のクレーンにおける積載荷重を確認する方法であって、

- a) 前記クレーンは、少なくとも二つのサブアセンブリ (1 - 6) を有し、
- b) 前記クレーンは、前記サブアセンブリ (1 - 6) のパラメータにより判断される複数の可能性のある構成を表し、
- c) 前記クレーンの前記サブアセンブリ固有の積載荷重は、それぞれのサブアセンブリ (1 - 6) の少なくとも一つのパラメータに依存しており、
- d) 少なくとも一つの第 1 のサブアセンブリ (1、2、4、6) は、最少の数のパラメータによって特定され、および / または前記パラメータの最少の数の可能性のある変化を表し、および / または、一つまたはそれ以上のパラメータにおける変化がある際に最大軸受荷重における変化の最少の勾配を表し、
- e) 少なくとも一つの第 2 のサブアセンブリ (3、5) は、最大の数のパラメータによって特定され、および / または前記パラメータの最大の数の可能性のある変化を表し、および / または、一つまたはそれ以上のパラメータにおける変化がある際に最大軸受荷重における変化の最大の勾配を表し、
- f) 前記少なくとも一つの第 1 サブアセンブリ (1、2、4、6) のパラメータの具体的に発生している値、および、前記少なくとも一つの第 2 のサブアセンブリ (3、5) は、前記クレーンの前記特定の構成において確認され、
- g) 前記少なくとも一つの第 1 のサブアセンブリ (1、2、4、6) のサブアセンブリ固有の積載荷重は、計算され、および / または、前記少なくとも一つの第 1 のサブアセンブリ (1、2、4、6) の少なくとも一つのパラメータの機能として事前に定められ、および格納され、および具体的に発生しているパラメータの値について、メモリから読み出され、
- h) 前記少なくとも一つの第 2 のサブアセンブリ (3、5) のサブアセンブリ固有の積載荷重は、前記第 2 のサブアセンブリ (3、5) のパラメータの具体的に発生している値から確認されまたは計算され、確認または計算の結果は、一またはそれ以上の格納された値に基づいて検証され、
- i) 前記クレーンの前記積載荷重は、前記少なくとも一つの第 1 のサブアセンブリ (1、2、4、6) および前記少なくとも一つの第 2 のサブアセンブリ (3、5) の前記サブアセンブリ固有の積載荷重に基づいて判断される。

10

20

30

【請求項 2】

請求項 1 に記載のクレーンの前記積載荷重を確認する方法であって、第 1 のサブアセンブリは、一つのパラメータのみに依存するサブアセンブリである。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のクレーンの積載荷重を確認する方法であって、第 1 のサブアセンブリは、多くて二つのパラメータまたは多くて三つのパラメータに依存するサブアセンブリである。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載のクレーンの積載荷重を確認する方法であって、第 2 のサブアセンブリは、四つ以上のパラメータに依存し、および / または、互いに独立に伸長され得る支持部 (3) を備えるアングラキャリッジであるサブアセンブリである。

40

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項に記載のクレーンの積載荷重を確認する方法であって、第 2 のサブアセンブリは、少なくとも三つのパラメータまたは少なくとも四つのパラメータに依存するサブアセンブリであり、前記サブアセンブリの各パラメータは、前記サブアセンブリの他のパラメータとは独立して、離散的に、または連続して変化し得る。

【請求項 6】

50

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載のクレーンの積載荷重を確認する方法であって、サブアセンブリのパラメータは、状態を表し、または、前記サブアセンブリの構成またはジオメトリを判断する状態パラメータ、および/または、操作状態を表す操作パラメータを含む。

【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載のクレーンの積載荷重を確認する方法であって、以下のサブアセンブリの少なくとも一つまたは二つは、前記方法を行うために用いられ、前記サブアセンブリは、ブーム(1)、起伏シリンダ(2)、アンダキャリッジ(5)、上部構造(6)を含む。

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか一項に記載のクレーンの積載荷重を確認する方法であって、

前記ブームサブアセンブリ(1)は、ブーム長さ、および/またはブーム各のパラメータによって判断され、および/または、

起伏シリンダサブアセンブリ(2)は、ブーム長さ、またはオプション的にブーム各のパラメータにより、運動学から判断され、および/または、

アンダキャリッジサブアセンブリ(5)は、少なくとも4つの個別支持部から成り、伸長の長さのパラメータ、および/または、各個別支持部(3)について互いに独立に判断され得る支持力のパラメータによって判断され、および/または、

カウンタウェイトサブアセンブリ(4)は、重量値および重心の位置のパラメータによって判断され、および/または、

クレーンサブアセンブリは、ブームサブアセンブリ(1)、起伏シリンダサブアセンブリ(2)支持部サブアセンブリ(3)、カウンタウェイトサブアセンブリ(4)、および上部構造サブアセンブリ(2)により判断される。

【請求項 9】

請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか一項に記載のクレーンの積載荷重を確認する方法であって、前記サブアセンブリの前記具体的に発生しているパラメータの値は、一またはそれ以上のセンサ(7-13)によって、および/または手動入力によって確認される。

【請求項 10】

クレーンの機能的要素の積載荷重、クレーンのサブアセンブリの積載荷重またはクレーンの積載荷重を確認する方法であって、

最大軸受荷重は、所定の公式に基づいて、具体的に発生している構成、および/または具体的に発生している状態パラメータ、および/または具体的に発生している操作パラメータについて、計算され、かつ、計算は、格納された軸受荷重値に基づいて検証される。

【請求項 11】

請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか一項に記載の方法であって、計算を検証するために、与えられたパラメータ値に一致し、および/またはそれぞれのパラメータについて最小の上方向または下方向の偏差を表す格納されたパラメータセットが提示される。

【請求項 12】

請求項 1 ないし請求項 11 のいずれか一項に記載の方法であって、検証は、格納された値に基づいて確認された勾配観察に基づいて、計算された軸受荷重値がもっともらしいかどうかについて行われる。

【請求項 13】

クレーンの安全性をモニタする方法であって、クレーンの積載荷重は、請求項 1 ないし請求項 12 のいずれか一項に記載の方法を用いて確認され、それが観察されているかどうかについてモニタされる。

【請求項 14】

請求項 1 ないし請求項 13 のいずれか一項に記載の方法を実行する手段を備えるクレーン。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

請求項 1 4 に記載のクレーンであって、請求項 1 ないし請求項 1 3 のいずれか一項に記載の方法に基づいて確認された全ての状態パラメータを表す手段を備えるクレーン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、クレーンの積載荷重を確実に確認する方法、クレーンの安全性を監視する方法、および前記方法を実行可能で、例えば可変支持ベースを備えることのできるクレーンに関する。本発明は、また、3次元作業曲線を計算すること、および、クレーンの機能要素が移動される際の許容速度を確認することに関する。

【背景技術】

【0002】

クレーンの積載荷重は、複数のサブアセンブリ固有の個別積載荷重、あるいは、様々なクレーンの構成要素またはクレーンのサブアセンブリの閾値の露出状態から成る。ある閾値の露出状態は、いくつかのパラメータに基づいて比較的容易に確認され得るものであり、また、いくつかの状態について一定であり、他の閾値の露出状態は、多数のパラメータによって影響を受け、かつ、何らかの困難を伴うだけで、しばしば事前に確かめられ得る。閾値の露出状態または容易に確認される閾値曲線は、しばしば一つのパラメータのみに依存しており、例えば、2次元閾値曲線として事前に確認され得るものであり、メモリに格納される。このメモリは、必要に応じてアクセスすることができ、個々に、現在または具体的に発生するパラメータについて、割り当てられ、事前に計算された最大軸受荷重をそのメモリから読み出すことができる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、異なる状態であると仮定することができ、または一部において互いに独立して構成され得るクレーンサブアセンブリが多数存在する場合には、閾値曲線を示すこと、あるいは、多数の方法で構成され得る、クレーン全体についての一般的なサブアセンブリ固有の最大露出状態の閾値を示すことには、問題がある。例えば、第1サブアセンブリが n_1 の可能性のある構成を有し、第2サブアセンブリが n_2 の可能性のある構成を有し、そして第3サブアセンブリが n_3 の可能性のある構成を有する場合、これは、クレーン全体について $n_1 \times n_2 \times n_3$ の構成の合計という結果になる。一つの可能性のある構成が、離散的な数の異なる状態として理解され得ず、むしろ例えば、無限に可変的な方法で、例えば、一または全ての支持部が無限に可変的な方法で伸長され得る場合には、これは、無限の数のクレーンの構成という結果になり、この場合には、個々の与えられた構成の状態について、全ての可能性のあるクレーンの状態について、クレーンの全積載荷重を事前に示すことはできない。支持部サブアセンブリだけでも、事前に判断し、全ての可能性のある構成についてサブアセンブリの特定の積載荷重を格納することはできない。

【0004】

特定の個々の状態についての積載荷重を特定する個々のクレーンサブアセンブリについて、安全動作範囲を示すことはできるが、例えば、無限に可変的な方法で調整され得るクレーンサブアセンブリの場合には、実際の状態は確認され、積載荷重は、例えば、隣接するサンプリングポイント間を補間することにより確認され、このアプローチは、しかしながら、低すぎる軸受荷重を確認するかもしれない、クレームのエンプロイヤビリティを、ひどく制限しすぎる。

【0005】

クレーンの安全性は、クレーンがクレーンの操作者によって操作されている間にモニタされる。クレーンの安全性は、様々な所定の安全基準が観測される限り、確保される。可能性のある安全基準は、クレーンの構造的な完全性、つまり、例えば、負荷、風、上部構造の特定の旋回角等によりクレーンが傾くことを防ぐことだけでなく、例えば、構成部品の強度、または、ブーム、リフトケーブル、荷重フック、旋回リングシリンダ、および起

10

20

30

40

50

伏シリンダのようなクレーンシステムの積載荷重である。

【0006】

欧州特許EP第2674384A1は、クレーンの操作中における複数の安全基準を、クレーンの操作中に、クレーンの構成またはクレーンの動作に関する少なくとも一つのパラメータに依存する各基準について、許容される特定の閾値を計算することによりモニタすること、および閾値が観察されるかどうかをモニタすることを提案しているが、ここでは、対応する基準についての軸受荷重テーブルを考慮するステップは完全に省略されている。

【0007】

国際公報WO2015/162096A1は、ブームを備えるモバイルクレーンを操作する方法を開示しており、最大の許容し得る軸受荷重は、ブームの位置の所定範囲内における複数の位置について確認され、軸受荷重の閾値または軸受荷重の範囲は、サスペンディッドな負荷、およびブームの位置の所定範囲内における複数の位置についての最大の許容し得る軸受荷重に基づいて確認され、移動型クレーンは軸受荷重閾値または軸受荷重範囲に従って操作される。

10

【0008】

ドイツ特許DE102015006992A1は、クレーンを操作することについての関連データを計算する方法を開示しており、クレーンの複数のパラメータは、当初はクレーンにおいて判断され、通信ネットワークを介してコンピュータセンタに送信され、クレーンの操作に関する一またはそれ以上のデータは、受信されたクレーンパラメータに基づいてコンピュータセンタで計算および選択され、クレーンの操作に関連する計算され選択されたデータは、クレーンに返送される。

20

【0009】

本発明の目的は、少なくとも2つのサブアセンブリを備えるクレーンの積載荷重を確認する方法を提案する。

【0010】

この目的は、独立クレームの主題により解決される、他の有利な実施形態は、従属クレームにおいて定義される。

【課題を解決するための手段】

【0011】

機能的要素

機能的要素は、例えば、ブーム、リフト機構、起伏シリンダ、支持部、またはカウンタウェイトのような特定の機能を実行できるクレーンの機能部である。機能的要素の状態は、少なくとも一つのパラメータによって表され、また定義される。機能的要素が、機能的要素の構成、つまり、例えば、そのジオメトリ、例えばその長さまたは旋回角、を定義する、様々な状態（例えば、可変ブームは長さおよびブーム角の2つの状態パラメータを備え、支持部は、エクステンションまたは支持ブレードの長さの状態パラメータを備える）を持つことができる。クレーンは、通常は、操作される前に構成され、機能的要素の状態パラメータが判断される。リフト工程、つまり、状態パラメータが一定を維持する間は、通常はさらなる再構成はない。

40

【0012】

しかしながら、個々の機能的要素は、操作中、すなわち、例えば負荷をリフティングしている間、（状態パラメータとは反対に）操作パラメータによって定義される様々な状態を仮定することもできる。リフト機構の操作パラメータは、例えば、リフトの高さを含み、支持部の操作パラメータは、例えば支持圧を含み、ブームの操作パラメータは、例えば、ブーム角またはチップ角を含む。

【0013】

機能的要素は、（例えばリフト重量のトン数で計測される）露出状態を、機能的要素が、堅固さ、すなわち、フェイルセーフまたは動作的な確実性を維持するまで示す特定のまたは明確な強度を示すことができる。

50

【 0 0 1 4 】

機能的要素は、（例えばリフト重量のトン数で計測される）露出状態を、機能的要素が、安定性、すなわち、例えば傾かず、クレーンを傾かせないことを維持するまで示す特定のまたは明確な強度を示すことができる。

【 0 0 1 5 】

強度と安定性は、機能的要素の構成（つまり、例えば、その状態パラメータ）および/またはその操作パラメータに依存することができ、異なる構成および/または異なる操作状態は、結果として、異なる許容可能な露出状態となる。

【 0 0 1 6 】

機能的要素は、強度と安定性の両方を満足する必要があるので、積載荷重は、その2つの基準の考慮の下で確認することができる。強度を考慮した最大の積載荷重、および安定性を考慮した最大の積載荷重について、より低い最大積載荷重は、通常、許容し得る軸受荷重として選択される。オプションとして、強度のみを考慮して積載荷重を確認することも可能である。安定性は、クレーン全体として、つまり、個々の機能的要素を備えたクレーンとしてモニタすることができる。

10

【 0 0 1 7 】

機能的要素が、ただ一つの状態パラメータを有する場合、積載荷重または最大軸受荷重は、例えば、状態パラメータに対してプロットされ得る。これは、2次元閾値曲線（または閾値の露出状態および/または有効範囲）として言及され得る。機能的要素が三つ以上の状態パラメータを有する場合、これは、3次元または複数次元の閾値曲線、および/または閾値平面を得る結果となり得る。

20

【 0 0 1 8 】

サブアセンブリ

サブアセンブリは、少なくとも、一つの機能的要素を含むが、二つ以上の機能的要素を備えることもできる。

【 0 0 1 9 】

クレーンの典型的なサブアセンブリは、ブーム、またはメインブームのようなブームの部分、チップエクステンション、あるいはブーム全体、上部構造もしくはカウンタウエイトのような上部構造の部分を含み、その位置を考慮して、リフト機構、旋回コネクション（slewing connection）、または、起伏シリンダ、およびアングキャリッジもしくはアウトリガのようなアングキャリッジの部分、ドライブアセンブリフレーム、重心、アセンブリリング状態等を含む。

30

【 0 0 2 0 】

機能的要素のように、サブアセンブリは、個々のサブアセンブリ固有の閾値曲線またはサブアセンブリ構成の積載荷重からの結果としての閾値曲線を有する。それぞれのサブアセンブリ構成の最も低い最大軸受荷重は、例えば、許容軸受荷重として選択される。

【 0 0 2 1 】

サブアセンブリは、例えば、起伏シリンダ、リフト機構、カウンタウエイト、および油の量から成る上部構造のような複数の機能的要素を備える。油の量は、例えば、油圧シリンダの位置のような操作状態に著しく依存して変動し得るものであり、したがって、上部構造の重量およびクレーンの全体の重心に影響を与え得る。パラメータとして、これは、構造的な統一性、および/または傾きに対する抵抗に関連し得る。他のサブアセンブリは、例えば、伸長の様々な長さ、等しいまたは独立した値を有する、もしくは、互いに異なる強度および支持力閾値を表す四つ以上の支持部から成るアングキャリッジであり得る。

40

【 0 0 2 2 】

例えば、以下の議論がなし得る。

【 0 0 2 3 】

ブームサブアセンブリ

機能的要素：伸縮部分、伸縮シリンダ、チップエクステンション、ブレイシング装置

下部構造サブアセンブリ

50

機能的要素：ターンテーブル（鋼構造）、起伏シリンダ、リフト機構、旋回コネクショ
ン、カウンタウェイト

アンダキャリッジサブアセンブリ

機能的要素：ドライブアセンブリフレーム、アウトリガ部、アウトリガシリンダ、タイ
ヤ

【0024】

閾値の露出状態 / 閾値曲線

軸受荷重曲線を含む、閾値の露出状態または閾値曲線は、（機能的要素、サブアセン
ブリ、またはクレーンについて）与えられた構成において、つまり、状態パラメータ、およ
びオプションとして操作パラメータにしたがって、上昇し得る最大軸受荷重を含む。

10

【0025】

一以上の閾値の露出状態または閾値曲線は、機能的要素、またはクレーンのサブアセン
ブリ、および / またはクレーン全体の軸受荷重を読み出す、または確認するために、与え
られた現在のクレーンの構成についてクレーンが構成される間、または後に、以前にアク
セスしたメモリに格納することができる。

閾値の露出状態または閾値曲線は、多数の離散値としても格納することができ、それぞ
れの与えられた構成についての軸受荷重は、例えば欧州特許EP第1748021号に記載
されているように、格納された値を必要に応じて補間または外挿することにより確認す
ることができる。

【0026】

20

閾値の露出状態または閾値曲線は、一部分において、または完全に、必要に応じて、一
またはそれ以上の公式の関係、事前の計算、または計算によって示され得るものであり、
必要ならば、格納された閾値の露出状態または閾値曲線により補われ得る。

【0027】

閾値の露出状態または閾値曲線によって、その各構成においてクレーンの積載荷重の全
体を確認することができ、固定された構成を有するクレーンの操作パラメータに従って、
クレーンの操作状態が異なると、例えば、軸受荷重が異なることになる。所定のおよび一
定の構成を考慮すると、操作パラメータが、クレーンの最大積載荷重に何ら影響を与えな
いようにすることもできる。

【0028】

30

軸受荷重の確認

原則として、軸受荷重または積載荷重は、クレーンの現在の構成を用いた計算に基づい
て、あるいは、与えられたクレーンの状態について現在生じているパラメータに基づいて
、クレーンについて確認できる。代替的に、またはそれに加えて、クレーンの積載荷重は
、一またはそれ以上の事前に確認された、あるいは計算された、および格納された積載荷
重に基づいて、もしくは、一またはそれ以上の機能的要素またはサブアセンブリの積載荷
重値に基づいて確認し得る。二つの方法の組み合わせ、つまり、事前に格納した値に基づ
いて、および例えば、公式の関係に基づき、または、補間または外挿計算に基づくように
、計算に基づいて、クレーンの積載荷重を確認することも可能である。

【0029】

40

軸受荷重、あるいは、例えば伸縮ブームとして具現化されるメインブームのようなブー
ムのブーム閾値曲線は、例えば、各伸縮状態について、事前に確認し、格納することがで
きる。それらは、例えば、最大軸受荷重と、連続的パラメータとして、例えば予め定め得
る半径との間の割り当ての形式で格納することができる。図に示すように、これは、半径
（radius）に対してプロットされる軸受荷重曲線という結果になる。そのような曲線は、
例えば、それぞれの伸縮状態について格納される。

【0030】

もし、例えば、2つのボルト穴をそれぞれ備えた5つの伸縮段階が、ブームに設けられ
ていた場合には、これは、それぞれの伸縮段階（完全に引き込まれている状態、ボルト穴
によって定義される二つの異なる伸長状態）に3つのポジションがあることになるので、

50

合計で 3 5 = 2 4 3 の伸縮状態またはメインブームの長さまたは異なる構成が可能になる。もし、ブーム閾値曲線が事前に確認され、これらの 2 4 3 の伸縮 (telescopic) 状態のそれぞれについて格納された場合には、合計で 2 4 3 曲線がメモリに与えられる。

【 0 0 3 1 】

積載荷重またはブーム (boom) の軸受荷重は、公式として以下のように表すことができる。

【 0 0 3 2 】

$load_{boom} = f_{boom}(tele, radius)$

【 0 0 3 3 】

カウンタウエイト CW について様々な構成は、格納することができ、1 0 の異なる構成が例によって仮定し得る。

【 0 0 3 4 】

上部構造については、ターンテーブル (turntable) 自身の強度は、例えば、ブームおよびカウンタウエイト CW の機能として、例えば事前に確認および格納することができる。これは、公式として以下のように表すことができる。

【 0 0 3 5 】

$load_{turntable} = f_{turntable}(load_{boom}, CW)$

【 0 0 3 6 】

上部構造 (superstructure) の強度および全体の重心は、ブーム、カウンタウエイト、およびターンテーブルに依存しており、公式として以下のように表すことができる。

【 0 0 3 7 】

$load_{superstructure} = f_{superstructure}(f_{turntable}(load_{boom}, CW), CW, f_{boom}(tele, radius))$

【 0 0 3 8 】

伸縮状態 (上述の例では 2 4 3 曲線) のパラメータおよびカウンタウエイト CW (例にしたがって 1 0 の異なる構成) は、理論的には、2 4 3 0 曲線という結果になる。現在の上部構造閾値曲線は、計算される。

【 0 0 3 9 】

旋回コネクション (slewing connection) は、格納された閾値曲線を表すことができ、適用できる場合は、上部構造荷重を削減することができる。

$load_{slewing\ connection} = f_{slewing\ connection}(load_{superstructure}(tele, radius, CW))$

【 0 0 4 0 】

これは、しかしながら、格納された曲線の数に影響を与えることがなく、与えられた例では、2 4 3 0 を維持する。

【 0 0 4 1 】

アンダキャリッジは、アウトリガボックスおよびアウトリガシリンダの形式として具現化され得る n 個のアウトリガ (典型的には 4、しかしオプションとしてそれよりも少なくまたは多く、例えば、6 または 8 個のアウトリガ) を備える。n 個のアウトリガのそれぞれは、アウトリガの構成、つまり、例えばその伸長の長さ (length) に依存する閾値曲線を表す。

【 0 0 4 2 】

$load_{A_i} = f(length_{A_i})$

【 0 0 4 3 】

アンダキャリッジの構成は、したがって、n 個のパラメータ、つまり、例えば、n = 4 のパラメータによって特定され得る。

【 0 0 4 4 】

n 個のアウトリガのそれぞれは、例えば、三つの別々の伸長の長さを表し、3 4 = 8 1 の異なる組み合わせ、つまり、この場合には、2 4 8 0 × 8 1 = 1 9 6 8 3 0 の組み合わせとなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

そのような大きい数の曲線を格納しなければならないことを避けるために、例えば、3個だけのアウトリガ構成のような、所定の限定されたn個の基本のアウトリガ構成だけを考慮し、格納することも可能かもしれない。上記の例としては、全ての支持部が0%延びる（第1アウトリガ構成）；全ての支持部が50%延びる（第2アウトリガ構成）；および全ての支持部が100%延びる（第3アウトリガ構成）、がある。この場合には、より少ない組み合わせとなり、つまり、 $2430 \times 3 = 7290$ の組み合わせ（与えられた例では、 $n = 3$ ）となる。

【 0 0 4 6 】

アンダキャリッジは、付加的に、旋回角（アンダキャリッジに関連した上部構造の旋回）を含む。旋回角は、連続的に調整し得る。もし、パノラマ的な360°の旋回角について、1°の角分解能が選ばれるならば、これは、360の組み合わせとなる。上記の例で述べた2430の曲線が1°の角分解能で格納される場合は、結果として、3つのアウトリガ構成について、合計で、 $360 \times 2430 \times 3 = 2624400$ 曲線となる。技術的な理由により、しかしながら、大きな数の曲線を格納することは、問題を含み、実現可能ではない。

10

【 0 0 4 7 】

それに代えて、またはそれに加えて、全360°の旋回範囲が、例えば、考えることができるが、最大軸受荷重は、全360°の旋回範囲に亘って関連するように示され、最も小さい最大軸受荷重の旋回角は、最も信頼のおけるもの、つまり、原理的により多くの軸受荷重を有するかもしれない旋回角についての最大軸受荷重が犠牲にされる。

20

【 0 0 4 8 】

または、360°の旋回範囲は、細かく分割され、所定の旋回角の部分が、許容される最大軸受荷重が、一定として確認でき、予め判断できるように定義し得る。例えば、それぞれ90°で $m = 4$ の範囲のように、 m の範囲または異なるサイズを予め定めることができる。与えられたn個のアウトリガの構成および m の範囲へ分割された場合には、可能されるべき $n \times m \times$ （あり得る伸縮状態） \times （あり得るカウンタウエイト構成）個の曲線、つまり、例えば、上述の例では、 $3 \times 4 \times 243 \times 10 = 29160$ 個の曲線が得られる。これは、上記した2624400個の曲線の数を著しく削減するが、そのような大きな数の曲線を確認し、格納することは、しかしながら、特に、例えばブームがより多くのポルト穴および/または様々な傾きが操作中に用いられる時には、技術的に難しく、または実施することには問題がある。

30

【 0 0 4 9 】

本発明の一実施形態によれば、クレーンの積載荷重は、例えば、機能要素および/またはサブアセンブリの予め格納された積載荷重値のような、予め格納された値を計算し、およびアクセスすることにより、確認される。

【 0 0 5 0 】

本発明の意味の中では、計算は、例えば、機能的要素および/またはサブアセンブリの特徴的に発生する状態パラメータおよび/または操作パラメータについて、最大軸受積載荷重がどれだけ大きいかを確認または計算できる手段によって、公式的關係が知られていることを意味する。

40

【 0 0 5 1 】

本発明の一実施形態によれば、参照データまたは検証データは、確認された最大軸受荷重が例えばもっともらしいかどうかを確認するために、検証し、またはチェックする目的で、事前に確認した、および格納した値に基づいて、提示することができ、計算された結果は、有効化され、または検証され得る。

【 0 0 5 2 】

計算を検証するために、選択された軸受荷重曲線は、例えば、以下のように格納され得る。

- 360°についての軸受荷重、全ての支持部が100%伸長し（完全に伸長）、最大

50

軸受荷重（例）が 10 t。

- 360° についての軸受荷重、全ての支持部が同じであるが、部分的に伸長し（例えば 80% まで）、最大軸受荷重（例）が 9 t。

- オプションとして、360° についての付加的な軸受荷重、全ての支持部が部分的に伸長し（例えば 30%、50% 等）、最大軸受荷重（支持部が 50% まで伸びた例）が 6 t。

- 360° についての軸受荷重、全ての支持部が 0% 伸長（完全に引き込まれている）、最大軸受荷重（例）が 2 t。

さらに、支持部の伸長の所定の状態で、所定の旋回角について、参照軸受荷重ポイントを格納することもオプションとして可能である。

10

【0053】

ブームが支持部の上にある角度（例えば、45°、135°、225°、および 315°）が旋回角として考えられる場合は、これは、一般的には高い軸受荷重、つまり、個々のアプリケーションにおいて、パノラマ的な軸受荷重（360° の軸受荷重）となる。以下は、一例（例えば、支持部が完全に伸びた、つまり、4 × 100% の例）として与えられるかもしれない。

- 45° / 135° / 225° / 315° の軸受荷重：至るところで等しく、13 t。

【0054】

支持部が同じ状態（つまり、例えば 4 × 100% 伸長）の場合、中間状態、つまり、例えば、上方から見て、ブームが支持部の間に位置し、ブームが支持部の上にある上記の例よりも低い軸受荷重となる、0°、90°、180°、および 270° の旋回角についての軸受荷重、を確認することもオプション的に可能である。

20

【0055】

至るところで等しく 10 t の最大軸受荷重は、一例の実施形態として（最小限として、360° のパノラマ的な荷重として）、これらの状態について与えられる。

【0056】

一般的には、上記の軸受荷重曲線または軸受荷重値は、支持部の一またはそれ以上の所定の伸長状態（つまり、例えば、全ての支持部が引き込まれている；全ての支持部が部分的に、例えば 10%、20%、・・・、90% のように伸長している；および全ての支持部が完全に伸長している）について、パノラマ的な軸受荷重（360° についての軸受荷重）および / または所定のセクタまたは個々の角度もしくは角度の範囲（上述の例、支持部の上のブーム、または支持部の間のブーム、を参照のこと、）として、事前に確認でき、格納できる。

30

【0057】

上述の例に加えて、参照軸受荷重ポイントは、例えば、部分的に伸長した支持部のみ、例えば以下のように、例えば 4 × 80%、について、確認し、格納することができる。

- 45° / 135° / 225° / 315° の軸受荷重：至るところで等しく 11 t。

- 90° / 270°（支持部の間のブーム）の軸受荷重：至るところで軸受荷重 9 t（最小限、パノラマ的荷重）。

- 0° / 180°（支持部の間のブーム）の軸受荷重：至るところで軸受荷重 10 t。

40

【0058】

選択された状態について参照軸受荷重ポイントを、事前に確認すること、および格納することは、軸受荷重を確認するためには（例えば、正確に特定された状態の一つが発生した場合には、これは可能であるかもしれないが、）本発明によっては用いられない。これらの事前に格納した値または曲線は、代わりに、計算を検証するために用いられる。軸受荷重は、事前に可能した値に基づく補間または外挿によって、本発明に従って確認されず、代わりに計算によって確認され、一またはそれ以上の計算された軸受荷重値は、事前に格納された参照データに基づいて検証され、または有効化される。参照データは、最大軸受荷重についての確認された数値に影響を与えることがなく、確認された数値を研修するためにのみ、つまり、それが有効で使用可能であること、あるいは、それが無効であるこ

50

とを確認するためにのみ、用いられる。後者の場合は、警告信号が、例えば、出力され、および/またはクレームは自動的に遮断され、停止され得る。

【0059】

例1

現在のクレーンの構成において、アウトリガの全てが完全に伸長している(4×100%)。(アンダキャリッジに関連する上部構造の)旋回角は35°。

【0060】

所定の公式に基づく計算は、12.5tの最大軸受荷重をもたらす。

【0061】

12.5tの計算値を検証するために、参照は、例として上述したように、本発明にしたがって、事前に格納した参照値について作成され、検証する目的において、参照は、例えば現在の構成に対して、できる限り近い—またはそれ以上の事前に格納したデータセットについて作成され、つまり、例えば個々のパラメータ値が、発生しているパラメータ値からの小さなまたは最小の偏差に一致し、または、それを表し、所定のパラメータ値(つまり、次に大きい、および/または次に小さい格納された値)からの最小の上方向および/または下方向の偏差を表すデータセットを使用することができ、計算された最大軸受荷重を検証するために提示され得る、—またはそれ以上の参照値または相対的な値が、確認され得る。

10

【0062】

上記した一例の実施形態については、参照軸受荷重ポイント(旋回角:4×100%で45°)は、例えば、最初の相対的値として提示することができ、上記の一例の実施形態では、13tの最大軸受荷重を表す。

20

【0063】

旋回角が0°で、4×100%で得られる第2の最も近い事前に格納した値は、上記の一例の実施形態では、10tのより低い軸受荷重と共に格納される。

【0064】

上述したように、旋回角が支持部の上である時(例えば、45°)、最大軸受荷重は、10tを示す旋回角が支持部の間の時(0°)よりも大きくなり得る(一例の実施形態では13t)ことは知られているので、10tと13tの間隔は、計算された最大軸受荷重がもっともらしく、および有効化できるかどうかを検証するために、事前に格納した軸受荷重値に基づいて、もっともらしい間隔として確認され、示され得る。

30

【0065】

一例の実施形態では、12.5tと敬作された確認された軸受荷重は、示された間隔内であり、計算された軸受荷重は、正しいと仮定される。

【0066】

計算が間隔内ではない値をもたらしたとすると、エラーが発生したと過程され、遮断工程が、例えば実行され得る。

【0067】

例2

現在の構成は、4×80%(アウトリガ)および35°(旋回角)とする。

40

【0068】

計算は、10.8tの軸受荷重をもたらす。

【0069】

この計算を検証するために、以下のような、最も近い事前に格納されたデータセットが、上記の例に基づいて提示され得る。

- 4×80%(支持部)、45°の旋回角:事前の格納された最大軸受荷重11t
- 4×80%(支持部)、0°の旋回角:事前の格納された最大軸受荷重9t

【0070】

10.8tの計算された現在の軸受荷重は、9tと11tの間隔内であり、有効と考えられる。

50

【 0 0 7 1 】

改善された検証を実行できるようにするために、軸受荷重値の傾向または勾配が考慮され得るものであり、考慮される付加的な情報は、例えば、支持部が伸長されるほど、軸受荷重が普通はより大きくなり、支持部が引き込まれるほど、より小さくなるということである。

【 0 0 7 2 】

上記一例の実施形態は、他のパラメータについて同様に提示され得るものであり、上述した勾配の観察のように、もっともらしい観察を実行するために、状態が安定しており（より高い軸受荷重を有する状態、または構成、もしくはパラメータ値）、かつ、状態またはパラメータ値がより低い軸受荷重を有する情報を考慮することも可能であることに注意すべきである。相対的な間隔は、例のみとして、上述した一例の実施形態において与えられているが、段階的なデータセットまたは相対的な間隔をより細かく、もしくはより広く用いることも可能である。一般的に、計算の完全な状態が、より徹底的に検証さるほど、より細かく事前に格納されたパラメータが、細分化される。

10

【 0 0 7 3 】

相対的に簡単な公式を用いて計算を実行することは、本発明に従って可能である。この計算は、比較的少ない事前に格納したデータセットに基づいて、検証し、有効化し得る。

【 0 0 7 4 】

従って、非常に大きな数の曲線を事前に計算し、格納する必要、および、直接的にこれらの曲線を使うこと、および/またはこれらの曲線の間を補間することは、もはや必要ない。それらは、実際の計算、例えば補間することによっては、用いられないが、計算を検証するためのみに用いられるので、かわりに、格納された曲線の数を著しく削減することが、本発明に従って可能である。したがって、例えば、事前に格納された値間の補間から得られた値ではなく、本発明にしたがって相応して有効化される計算のみが、確認された軸受荷重として用いられる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 5 】

一例の実施形態に基づいて、および図面を参照しつつ、本発明が説明される。

【 図 1 】 図 1 は、ブーム（積載荷重に対する半径）の 2 次元積載荷重曲線を示す図である

30

【 図 2 】 図 2 は、ブーム強度、旋回コネクション、および起伏シリンダに基づく、上部構造の閾値曲線を示す図である。

【 図 3 】 図 3 は、360°テーブル操作モードを示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、制限された作業範囲の操作モードを示す図である。

【 図 5 】 図 5 は、セクタに特定した積載荷重の操作モードを示す図である。

【 図 6 】 図 6 は、最適化された積載荷重の操作モードを示す図である。

【 図 7 】 図 7 は、軸受荷重および作業範囲を表示する操作パネルを示す図である。

【 図 8 】 図 8 は、機能的要素を備えるクレーンを示す図である。

【 図 9 】 図 9 は、図 8 のクレーンのセンサを示す図である。

40

【 図 10 】 図 10 は、軸受荷重量を計算するためのフローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 7 6 】

ブームシステムは、例えば、2次元パラメータセットの「積載荷重に対する半径」および/または「積載荷重に対するブーム角」の形で閾値曲線を有することができる。これらのデータは、例えば、半径について1.0メートルおよび角度について1.0°の所定の増加量で、例えば計算し、格納することができる。

【 0 0 7 7 】

図 1 に示すように、ブーム長さの有限数、および/または、伸縮状態、およびオプションとしてチップ長さの組み合わせについての2次元パラメータセットの有限数を、例えば

50

計算し、格納することができ、ブーム長さ（または半径）は、X軸に沿ってプロットされ、最大軸受荷重は、Y軸に沿ってプロットされる。15メートルのブーム長さでの最大積載荷重が約30トンと測定されることは、例えば、事前に計算され、マークされた閾値曲線から、読み取ることができる。

【0078】

他の機能的要素または上部構造の構成要素についての閾値曲線は、通常、同様に2次元であり、ブームの閾値曲線と組み合わせられ得るものであり、結果として生じる2次元パラメータセットを形成する。カウンタウエイトの有限数 n_G 、およびブーム長さ n_A は、例えば、合計で、上部構造全体についての、 $n_A * n_A$ の2次元パラメータセットとなる。

【0079】

図2は、既に図1に示したブーム強度BMについて軸受荷重を示し、旋回コネクションSC、起伏シリンダDC、および上部構造SS（例としてブームの半径に対して全てプロットされている）についての閾値曲線は、付加的にマークされ、それらと比較可能とする。起伏シリンダ曲線は、例えば、起伏シリンダ長さに対してプロットすることができる。起伏シリンダ長さおよび半径の関係は、クレーンの状態を用いて引き出され得る。図2に示すことができるように、これは、最小限のサブアセンブリとして、マークされた最低の曲線となり、これらの機能的要素を備えるサブアセンブリについての軸受荷重曲線となり、前記軸受荷重は、例えば、約7メートルのブーム長さまで、ブーム強度閾値曲線によって判断される。7メートルから約24メートルまでの範囲のブーム長さについては、サブアセンブリ軸受荷重は、旋回コネクションの閾値曲線が、前掲の範囲において、他の閾値曲線よりも、より低い値をとり得るので、旋回コネクションの閾値曲線によって判断される。約24メートルのブーム長さの値については、サブアセンブリ軸受曲線は、この範囲の最も低い許容軸受荷重を表す起伏シリンダ閾値曲線によって定義される。

【0080】

図2に示す上部構造の閾値曲線は、例として一定のカウンタウエイトについて示される。異なるカウンタウエイトについては、異なる閾値曲線が、与えられた方法で確認し得る。

【0081】

アンダキャリッジの構成要素についての閾値曲線は、普通、同様に、2次元パラメータセットによって表され、アンダキャリッジ（旋回角）に関連する上部構造の一は、変数として除外され、全ての位置について許容し得る最小の値は、事前に確認される。個々のパラメータ、特に、支持部の伸長の長さには多数の組み合わせが存在する場合には、これは、上部構造のパラメータセットとのさらなる可能性のある組み合わせとなる。例えば、4つの支持部S1、S2、S3、およびS4がある場合、これは、上部構造のパラメータセットとの $n_{S1} * n_{S2} * n_{S3} * n_{S4}$ の可能性のある組み合わせとなり、個々のパラメータ n_S は、多数の有限の状態において、あるいは、無限（無限に変化する）数の状態において発生するので、有限または有限の多数の組み合わせの結果となる。しばしば、支持部の状態の数は限られており（例えば、0%、50%、および100%の伸長の長さのように）、組み合わせの数も限られている（例えば、全て0%、全て50%、全て100%、一方の側50%、反対側100%等）。

【0082】

パラメータ n_{S1} 、 n_{S2} 、 n_{S3} 、 n_{S4} について、無限のまたは無限に変化する組み合わせが存在する場合には、つまり、例えば、支持部が、それぞれ別個に、無限に変化するやり方で伸長できる場合には、これは、無限数の可能性のある組み合わせとなる。

【0083】

全体の軸受荷重は、アンダキャリッジ（旋回角）に関連する上部構造の変化する位置を取り除くことによって最小の値の曲線まで削減される場合、変化する「旋回角」が一定に設定される場合、例えば、より高い積載荷重を示すことができるアンダキャリッジに関連する上部構造の特定の旋回位置のような範囲は、最適には用いられない。

【0084】

10

20

30

40

50

少なくとも二つのサブアセンブリを備えるクレーンの積載荷重は、少なくとも一つのパラメータ、例えば、操作パラメータ、および/または状態パラメータによって特定され、例えば、閾値の露出状態、または、閾値曲線、もしくは、最も低い数のパラメータ、または最小の数のパラメータ、もしくは、可能性のある変化についての最小のメンバ、あるいは最小の勾配（一またはそれ以上の状態パラメータにおいて変化がある時、最大の時受荷重）を表す少なくとも一つの第1サブアセンブリを事前に確認し、格納することにより、かつ、現在のパラメータまたは複数のパラメータについて軸受荷重の割り当てられた値を読み取ることにより、確認され、最大の数のパラメータまたは最大の数の可能性のある変化または最も高い勾配（一またはそれ以上の状態パラメータにおける最も大きな変化）を有する少なくとも一つの第2サブアセンブリについて、閾値の露出状態または最大軸受荷重が、必要に応じてのみ確認される。それ/それらは、操作パラメータおよび/または状態パラメータの現在当たられた組み合わせに基づいて、必要に従って確認され、例えば、事前に確認し、格納した値に基づいて、計算を実行し、検証することにより、確認し得る。この目的で、最大軸受荷重と状態パラメータおよび/または操作パラメータの間の公式的な関係は、例えば、計算プロトコルとして、事前に判断され、格納される。

10

20

30

40

50

【0085】

上述した意味における「第1サブアセンブリ」は、例えば、ブーム、およびカウンタウエイトを含む上部構造とすることができ、第2のサブアセンブリは、例えば、アウトリガ部、上部構造、および上部構造の旋回角を備えるアンダキャリッジとすることができる。

【0086】

クレーンの積載荷重または最大軸受荷重は、したがって、事前に格納した値に基づいて、単に独占的に確認されるだけでなく、事前に格納した閾値曲線は、例えば、それらが容易に格納される閾値曲線、つまり、例えば2次元閾値曲線、または3次元閾値曲線、および個々の場合において一またはそれ以上のより高次元の閾値曲線である場合に、および/または、例えばアンダキャリッジについての計算を検証するために、使用される。しかしながら、避けられることは、高次元または無限数の閾値曲線は、考慮すべきパラメータがあまりにも多く、および/または、一またはそれ以上のパラメータの可能性のある個々の状態があまりも多い場合には、格納されなければならないだろうということである。本発明にしたがって、低い次元の閾値曲線のみを用いることは、クレーンの全体の積載荷重を判断する問題に対して、簡単で部分的な解決を可能とする。複数次元の閾値曲線を用いて最大軸受荷重について説明のみがされ得るそれらの機能的要素またはサブアセンブリについては、格納された閾値曲線から確認された部分的な軸受荷重を考慮して、現在発生しているパラメータ値またはパラメータの組み合わせから全体の軸受荷重を確認するために、計算は、例えば、一またはそれ以上の所定の公式的な関係または公式に基づいて実行されるものであり、安全性の利用として、および既に説明したように、最も低いサブアセンブリ固有の最大軸受荷重は、クレーンの最大軸受荷重として確認される。この場合、現在の構成における最も低い荷重を支えることのできるサブアセンブリは、クレーンの許容最大軸受荷重を判断する。

【0087】

事前に計算された2次元または3次元の閾値曲線、またはブームシステムについての、およびオプション的に起伏シリンダについての、最大サブアセンブリ固有軸受荷重は、現在の構成を判断するパラメータについて、例えばメモから読み出され、これらの事前に計算された閾値曲線または最大サブアセンブリ特定軸受荷重は、クレーンのコントローラに伝達され得る。

【0088】

閾値曲線が読み出された場合、クレーンのコントローラは、例えば、ブームシステムの現在の構成を検知することに基づいて、例えば、割り当てられた2次元閾値曲線を選択することができる。ブームシステムの構成は、例えば、対応するコードまたは一般的に対応する構成を入力することにより、例えばユーザの入力により、検知することができ、および/または、一またはそれ以上のセンサにより、完全にまたは付加的に検知され得る。

【0089】

センサは、例えば、クレーンのコントローラに対するブームの現在の長さを伝達するブーム上に配置され得る。特にこれに伴って、またはこれに先だって、あるいはこれに続いて、上部構造の構成要素の検知に基づいて、つまり、例えば、カウンタウェイトを考慮することを含み、相対的な状態パラメータ、および/または操作パラメータを確認することができ、これに基づいて、構成および/またはパラメータに対して割り当てられた上部構造についての、例えば、2次元閾値曲線を確認することができ、あるいは、それをメモリから読むことができる。構成要素または与えられた構成は、上述したように、入力により、例えば、ユーザによる入力により、および/またはクレーンコントローラもしくは計算ユニットに接続されたセンサにより、検知できる。パラメータは、これから外れた構成を現在表すことのできるクレーンの所望の(それに続く)状態との関係で入力され得る。この場合のパラメータは、明確に発生する(例えば、入力された)パラメータとして、参照もされ得る。

10

【0090】

アンダキャリッジの最大積載荷重は、構成または構成要素、特に、アンダキャリッジのアウトリガベースの構成またはジオメトリを検知することに基づいて、確認され得る。操作パラメータおよび/またはアンダキャリッジの構成を説明するのに用いられる状態パラメータは、例えば、センサにより入力され得るものであり、および/または確認され得る。アンダキャリッジの状態パラメータ、つまり、例えば、無限に変化する方法で、および互いに独立に、伸長しかつ引き込み得る4個の支持部は、説明された例における個々の所定だけを仮定するのではなく、二つの所定の位置(例えば、完全に引き込まれた支持部および完全に伸長された支持部)の間で、理論的に無限数の値を仮定し得るので、例えば、それらが無限に変化する方法で調整し得る場合には、および、複数の支持部、例えば4個の支持部が与えられるので、これは、理論的に、無限に多数の可能性のある構成となる。本発明によれば、アンダキャリッジの最大軸受荷重は、予め定められた例についての公式的關係に基づいて、現在の構成のみについて計算され、事前に計算され、メモリに格納される際に、その状態のままで、可能性のある全ての状態あるいは異なる個々の状態の可能性のある組み合わせの全てを計算し、格納する必要はない。この計算は、事前に格納された値に基づいて検証され得る。

20

【0091】

計算された閾値の露出状態または最大軸受荷重は、上部構造のブームシステムについて、アンダキャリッジおよび上部構造の間の明確に発生する旋回角について、上述したように確認された、閾値曲線または軸受荷重を、オプション的に、確認することもできる。オプション的に、上記計算は、アンダキャリッジと上部構造の間の全旋回角、つまり、0°から360°の範囲について行われ、上記計算は、前もって、あるいは必要に応じて、例えば、連続的に、行い得るものであり、旋回角に依存する軸受荷重は、したがって、予め定め得る。前記計算は、オプション的には、個別の増加においても行われ、例えば、1°の増加または5°の増加のように、連続的に個々の増加に細分化された場合に、それぞれの考えられた旋回位置について、最大軸受荷重がいくつかを確認することができる。

30

【0092】

ゆえに、アウトリガベースのどのような構成についても、および、上部構造とアンダキャリッジとの間のどのような旋回角についても、最大軸受荷重を計算することができ、クレーンの閾値曲線は、例えば、これらの複数の計算に基づいて示すことができ、アンダキャリッジに関連する上部構造の異なる旋回角についての最大軸受荷重は、個々の計算に基づいて示すことができる。この閾値曲線の唯一の変数のパラメータは、旋回角であり、アンダキャリッジの構成は、与えられた状態においては一定であると仮定される。

40

【0093】

事前に格納した閾値曲線の使用は、それ自体知られているが、したがって、低いパラメータの機能的要素またはサブアセンブリについてのみ、前記閾値曲線を事前に計算し、格納することにより、適切な量まで削減することができ、全体のシステムの可能性のある構

50

成の全てについて、多数の閾値曲線を最早事前に計算し、格納する必要性をなくする。説明した例における可変のアウトリガベースのような機能的要素またはサブアセンブリの場合は、本発明によれば、考えられる異なる個々の位置または組み合わせについての多数の閾値曲線は、事前に計算されず、格納されないが、計算が実行され、前記計算は、(比較的少ない)格納されたデータセットに基づいて検証される。結果は、例えば、事前に確認され、格納された閾値曲線から確認された、クレーンの他の機能的要素またはサブアセンブリの最大軸受荷重を付加的に考慮して、全体の軸受荷重を確認するために用いることができ、例えば、上部構造とアンダキャリッジとの間の旋回角を唯一のパラメータとして表す新しい閾値曲線が計算され得る。これは、事前に定められる閾値曲線に関わる労力と、格納のために必要なメモリを削減する一方で、他方では、理論的に無限数の状態または可能性のある組み合わせを有するシステム全体についてのクレーンの全体の積載荷重を容易に確認可能とし、クレーンの全体の積載荷重を、可能な限り最適に用いられることを可能とする。

【0094】

アンダキャリッジと上部構造との間の旋回角は、例えば、センサによって検知され、それぞれの現在発生している厚生についての最大許容軸受荷重を判断するために、クレーンのコントローラまたは軸受荷重計算ユニットに伝達され得る。

【0095】

最大軸受荷重を確認することに加えて、一またはそれ以上の許容最大作業速度を確認または計算することができ、この点では以下の態様が考え得る。

- a) 閾値積載荷重の現在の利用
- b) 3次元の閾値曲線内の現在の2次元閾値曲線の位置
- c) 現在選択されている操作モード
- d) ユーザ入力(確認)のセンサデータの信頼性

【0096】

上述したように積載荷重を確認することに基づいて、様々な操作モードを判断することが可能であり、かつ、図3から6までに例示するように、それらをユーザに提案できる。

【0097】

図3は、「360°テーブル」操作モードを示し、全体として旋回範囲から最少積載荷重が基礎として取得される。ゆえに、旋回中に臨界状態が起きないことが期待される。作業速度は、独立して制限される必要はない。

【0098】

図4は、「制限された作業範囲」操作モードを示す。作業範囲は、特定の範囲(例えば、後部に対して180°)に事前に制限される。選択された作業範囲についての最少積載荷重は基礎として取得される。旋回についての遮断閾値は、前もって、および、軸受荷重の利用とは独立して知られる。作業範囲の境界に近づく際、スピードは、丁度良い時に低減され、旋回動作は、その前または境界で、停止される。

【0099】

図5は、「セクタ特定の積載荷重」操作モードを示す。作業範囲は、適切なセクタ(例えば、左/右に180°、または支持部上に90°)に事前に分けられる。個々のセクタについての最少積載荷重は、確認され、基礎として取得される。旋回についての遮断閾値は、軸受荷重の利用に依存しており、動的に確認されなければならない。許容軸受過剰における変化は、しかしながら、セクタ境界で生まれるようになり得る。ゆえに、速度は、セクタ境界に近づく際、境界の前または境界で停止した動作に適用できるように、独立して低減されなければならない。

【0100】

図6は、「最適化された積載荷重」操作モードを示す。作業範囲は、有限のセクタ(例えば5°または10°)に事前に分けられる。各セクタについての最適または最大積載荷重は、基礎として取得される。旋回についての遮断閾値は、軸受荷重の利用に依存しており、動的に確認される。許容軸受荷重における変化は、いつでも生じ得る。ゆえに、速

10

20

30

40

50

度はたえずモニタされ、独立して適合され得るものであり、適用可能なように、許容軸受荷重および積載荷重の現在の利用の機能として低減され得る。その最大限で、動作は、丁度よい時に停止される。

【0101】

ゆえに、3次元積載荷重テーブルは、いつでも利用可能であり、オペレータは、図7に例示されるように、作業タスクに従って対応するモードを選択可能である。代替の操作モードは、例えば、以下のようになり得る。

- 最大積載荷重の利用 / 作業半径および低減された速度の受け入れおよび / または作業範囲の制限 / 旋回角
- 高速での制限されない作業および削減された積載荷重の受け入れ
- これらの2つのパラメータの組み合わせ

10

【0102】

例としての一つのシーケンスに従って、以下のようなステップが実行される。

【0103】

ステップ1：ブーム構成のセンサ値を評価し、対応するブーム強度を選択する。

【0104】

ステップ2：「上部構造」サブアセンブリ構成のセンサ値を評価し、サブアセンブリの強度を計算する。

【0105】

ステップ3：アウトリガのセンサ値を評価し、360°曲線を計算する。

20

【0106】

ステップ4：旋回角のセンサ値およびアウトリーチのセンサ値を評価し、現在の旋回角についての許容軸受荷重を確認する。

【0107】

ステップ5：荷重のセンサ値およびアウトリーチのセンサ値を評価し、現在発生している荷重を確認する。

【0108】

ステップ6：ターゲットと実際の値とを比較し、最大許容速度を規制し、危険な動作を遮断する。

【0109】

30

図8は、上述した方法を実行することが可能なクレーンを示し、クレーンは、起伏シリンダによってそのピッチの点で設定され得る伸縮ブーム1を備えている。支持部3は、モバイルクレーンの前方および後方のそれぞれにおいて、左右の横方向に与えられ、完全に引き込まれた位置と、完全に伸長された位置との間のいずれかの中間位置をとることができる。カウンタウエイト4は、アングキャリッジ5に対して360°旋回可能な上部構造6上に設けられ、異なるカウンタウエイトから、複数の予め定められた個々の値のうちの一つをとることができる。

【0110】

図9は、クレーンの構成または状態パラメータもしくは操作パラメータを判断するために、個別に、あるいは組み合わせで使用できる、符号が付されたセンサを備えた、図8に表したクレーンを示す。ブーム角を判断するための一またはそれ以上のセンサは、符号7が付された位置に設けられることができる。ブームの長さ、またはブームの伸長状態を判断するためのセンサは、符号8が付された位置に設けられることができる。起伏シリンダ圧、ゆえに、操作状態または起伏シリンダ構成を確認するためのセンサが設けられた領域は、符号9が付される。支持幅を確認するための一またはそれ以上のセンサは、符号10が付された位置に設けられることができ、支持圧を確認するセンサは、符号11が付された位置に設けられることができる。カウンタウエイトを判断するセンサは、符号12が付され、ケーブル力を判断するセンサは、符号13が付され、および、付加的な装備（例えば、チップシリンダおよび / またはブームに取り付けられたチップにオイルを供給するホースドラム）を検知するセンサは、符号14が付される。ブーム上の実際の荷重を検知す

40

50

るセンサは、例えば、符号 15 が付された位置に設けられることができる。

【0111】

図10は、軸受荷重量を計算するためのフローチャートを示す。図10の上部のステップに示すように、一度構成に変化があると、構成が最初に判断される。上部の2つのステップを参照のこと。ブームの構成および上部構造の構成は、例えば、判断され、強度曲線または軸受荷重曲線は、2次元または複数次元となり得る各場合に、確認される。例示されるように、ブームの状態パラメータは、(網羅的ではなく)角度、伸長状態、およびチップである。上部構造の状態パラメータは、例えば(同様に網羅的ではなく)ブームの曲線、現在のカウンタウェイト、およびリフト機構の状態である。アングキャリッジの構成は、アウトリガの可変の支持幅によって、理論的に無限数の状態をとることができ、積載荷重は、それぞれの伸長状態を判断するために、支持部に設けられたセンサに基づいて、例えば自動的に確認される、具体的に発生する状態について計算される。格納された値から確認されるブームおよび上部構造の強度曲線の組み合わせにおいて、旋回角に依存した最大積載荷重を計算することができるので、3次元軸受荷重量は、例えば、生成され、大きな勾配は、また、検知されることができる。これに関連して、勾配は、例えば、軸受荷重が、パラメータを変化させることによって、いかに著しく変化するかを示すことができる。後者は、安全操作に非常に重要であり、また、独立して評価され得る。特定の構成(例えば、引き込まれた全てのアウトリガ部)について、15tの軸受荷重が、例えば80°の上部構造の与えられた旋回角で許容し得る。構造的な統合性に関連する制限による、75°の旋回角での5tに対する許容し得る荷重の縮みは、つまり、「角度の変化ごとの軸受荷重の変化」のこの場合の勾配は、 $10 / 5 = 2.0 \text{ t} / ^\circ$ である。しかしながら、動的およびコントロールに関連する理由により、ある「先行する(precursor)角度」が必要であり、上部構造の目標とされる減速について利用可能でなければならない。この先行する角度が10°の場合、計測は、早くとも85°で始められなければならないだろうと思われるので、5tの点が、上部構造の旋回が鋭く制動される時でさえ、75°を超えることがない。

10

20

【0112】

一度、最大軸受荷重が、現在の構成またはそれに続く構成の変化について確認され、計算されると、それ以降のステップは、操作中に、連続的、または継続的に、実行される。それぞれの許容最大軸受荷重は、上部構造とアングキャリッジとの間の現在の旋回角について判断され得るものであり、例えば、回転角センサによって確認される。これは、半径軸受荷重曲線について2次元荷重ということになり、例えば、様々な起伏角(半径)について、軸受荷重を示す。

30

【0113】

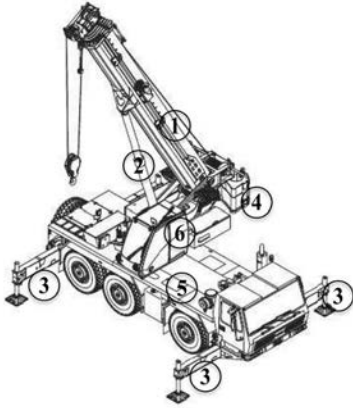
計測された、または入力された現在の荷重を考慮し、例えば、それは、シリンダ圧、角度、および/または力に基づいて確認されるが、計算は、オペレータに、速度が削減されるべき、あるいは、クレーンが安全モードに遮断されるべきことを示すために、行われ得る。この情報は、示されたアクションに自動的に変換され得るものであり、例えば、ウィンドセンサの出力値、および/または支持圧制限、および/またはユーザ入力 that 考慮され得る。

40

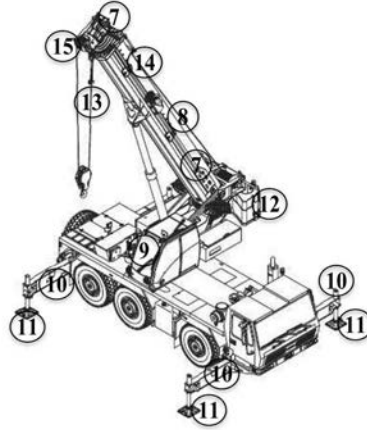
【0114】

この情報は、クレーンを操作するために、ドライブコントローラに転送され得る。

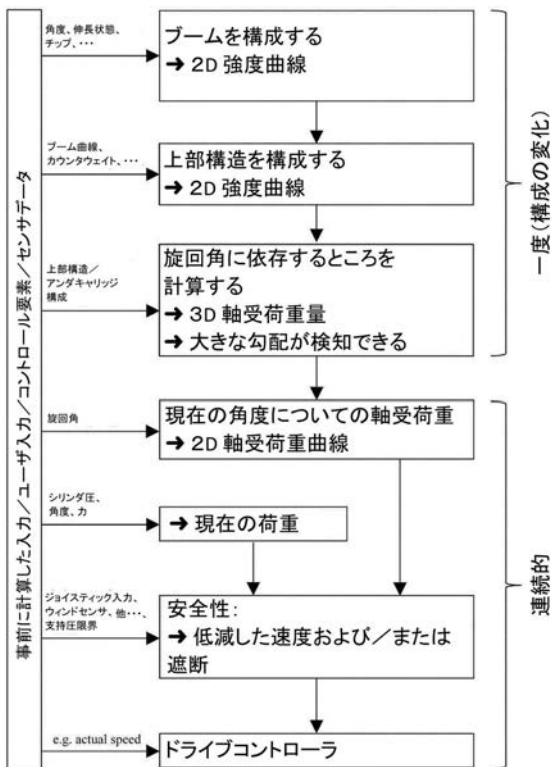
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 クリストフ・エデラー

ドイツ 2 6 1 2 5 オルデンブルク、アム・シュトレール 1 3 0 番

(72)発明者 フランク・リヒター

ドイツ 2 6 3 8 6 ヴィルヘルムスハーフェン、クラインヘルン 3 3 番

(72)発明者 フランク・ツェー・シュニットカー

ドイツ 9 7 0 7 4 ヴェルツブルク、フォーグラースシュトラッセ 2 番

Fターム(参考) 3F205 AA06 CA03 CB02 DA04 FA01 HA01 HA02 HA03 HA04 HA07
HB02 HC08

【外国語明細書】

1

Method for Ascertaining the Load Capacity of a Crane, and a Crane

The invention relates to a method for securely ascertaining the load capacity of a crane and for monitoring the safety of a crane, and to a crane which can perform said method and can for example comprise a variable supporting base. The invention also relates to calculating a three-dimensional work curve and ascertaining the permissible speeds when functional elements of the crane are moved.

The load capacity of a crane is composed of multiple sub-assembly-specific individual load capacities or the threshold exposures of various crane components or crane sub-assemblies. Some threshold exposures can be ascertained relatively easily on the basis of a few parameters or are constant for a number of states; other threshold exposures are influenced by a multitude of parameters and can often be pre-ascertained only with some difficulty. The threshold exposures or threshold curves which are easily ascertained are often dependent on one parameter only and can for example be pre-ascertained as a two-dimensional threshold curve and stored in a memory. This memory can be accessed as required, and it is possible to read out from the memory the assigned, pre-calculated maximum bearing load for the respectively currently or specifically occurring parameter.

If, however, there are a larger number of crane sub-assemblies which can assume different states or can be configured in part independently of each other, then indicating threshold curves or generally sub-assembly-specific maximum exposure thresholds for the overall crane, which can be configured in a multitude of ways, becomes problematic. If, for example, a first sub-assembly has n_1 possible configurations, a second sub-assembly has n_2 possible configurations and a third sub-assembly has n_3 possible configurations, then this results in a total of $n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$ configurations for the crane as a whole. If one of the possible configurations cannot be realised as a discrete number of different states but rather for example in an infinitely variable way, for example if one or all of the support members can be extended in an infinitely variable way, then this results in a theoretically infinite number of crane configurations, in which case it is then impossible to pre-indicate an overall load capacity of the crane, for the respective given configuration state, for all possible crane states. Even for the support member sub-assembly alone, it is not possible to pre-determine and store a sub-assembly-specific load capacity for all possible configurations.

While it would be possible to indicate a safety working range for individual crane sub-assemblies which specifies the load capacity for particular discrete states, wherein for example in the case of a crane sub-assembly which can be adjusted in an infinitely variable way, the actual state is ascertained and a load capacity is ascertained for example by interpolating between adjacent sampling points, this approach may however ascertain a bearing load which is too low and thus restrict the employability of the crane too heavily.

The safety of a crane is monitored while the crane is in operation by means of a crane controller. The safety of the crane is ensured as long as various predetermined safety criteria are observed. Possible safety criteria are for example the component strength or load capacity of crane systems, such as the boom, lift cable, load hook, slew ring cylinder and derricking cylinder, as well as the structural integrity of the crane, i.e. preventing the crane from tipping, for example due to the load, wind, a particular slewing angle of the superstructure, etc.

EP 2 674 384 A1 proposes monitoring multiple safety criteria while the crane is in operation, by calculating a permissible specific threshold value while the crane is in operation for each criterion which is dependent on at least one parameter relating to the crane configuration or crane movement while the crane is in operation, and monitoring whether the threshold value is being observed, wherein the step of considering a bearing load table for corresponding criteria is completely omitted.

WO 2015/162096 A1 discloses a method for operating a mobile crane comprising a boom, wherein maximum permissible bearing loads are ascertained for multiple positions within a predetermined range of positions of the boom, a bearing load threshold or bearing load range is ascertained on the basis of a suspended load and on the maximum permissible bearing loads for the multiple positions within the predetermined range of positions of the boom, and the mobile crane is operated in accordance with the bearing load threshold or bearing load range.

DE 10 2015 006 992 A1 discloses a method for calculating relevant data for operating a crane, wherein the system comprises a crane, a communications network and a computer centre, wherein multiple parameters of the crane are initially determined at the crane and transmitted to the computer centre via the communications network, one or more data relevant to operating the crane is/are calculated and selected at the computer centre on the basis of the

crane parameters received, and the calculated and selected data relevant to operating the crane are transmitted back to the crane.

It is an object of the present invention to propose a method for ascertaining the load capacity of a crane comprising at least two sub-assemblies.

This object is solved by the subject-matter of the independent claims. Other advantageous embodiments are defined in the dependent claims.

Functional element

A functional element is a functional unit of a crane which can perform a particular function, such as for example a boom, lift mechanism, derricking cylinder, support member or counterweight. The state of a functional element can be described or defined by at least one parameter. It is possible for a functional element to have various states (for example, a variable boom has two **state parameters**: length and boom angle; a support member has the state parameter of length of extension or support breadth) which define the configuration of the functional element, i.e. for example its geometry, for example its length or slewing angle. A crane is usually configured before it is put into operation, such that the **state parameters** of the functional elements are determined. There is then usually no further reconfiguration during a lift procedure, i.e. the state parameters remain constant.

Individual functional elements can however also assume various states defined by **operating parameters** (as opposed to state parameters) during operations, i.e. while for example lifting the load. Operating parameters of the lift mechanism include for example the lift height; operating parameters of a support member include for example the support pressure; and operating parameters of the boom include for example the boom angle or tip angle.

A functional element can exhibit a particular or specific **strength** which indicates the exposure (measured for example in tonnes of lift weight) up to which the functional element remains firm, i.e. for example fail-safe or operationally secure.

A functional element can exhibit a particular or specific **stability** which indicates the exposure (measured for example in tonnes of lift weight) up to which the functional element remains stable, i.e. does not for example tip or cause the crane to tip.

Strength and stability can then be dependent on the configuration of the functional element (i.e. for example its state parameters) and/or also on its operating parameters, such that different configurations and/or different operating states result in different permissible exposures.

Since a functional element must satisfy the demands on both strength and stability, the load capacity can be ascertained in consideration of the two criteria. Of the maximum load capacity in consideration of strength, and the maximum load capacity in consideration of stability, the lower maximum load capacity is usually chosen as the permissible bearing load. It is optionally also possible to ascertain the load capacity in consideration of strength only. Stability can be monitored in terms of the crane as a whole, i.e. composed of the individual functional elements.

If the functional element has only one state parameter, the load capacity or maximum bearing load can for example be plotted against the state parameter. This can also be referred to as a two-dimensional threshold curve (or threshold exposure and/or range of validity). If the functional element has three or more state parameters, this can also result in three-dimensional or multi-dimensional threshold curves and/or threshold planes.

Sub-assembly

A sub-assembly contains at least one functional element but can also be composed of two or more functional elements.

Typical sub-assemblies of a crane include: the boom or parts of the boom such as the main boom, the tip extension or the overall boom; the superstructure or parts of the superstructure such as the counterweight, including in consideration of its position, the lift mechanism, the slewing connection or the derricking cylinder; and the undercarriage or parts of the undercarriage such as the outriggers, the drive assembly frame, the centres of gravity, the assembling states, etc.

Like the functional elements, a sub-assembly has a threshold curve which results from the individual sub-assembly-specific threshold curves or load capacities of the sub-assembly constituents. The lowest maximum bearing load of the respective sub-assembly constituents is for example chosen as the permissible bearing load.

A sub-assembly can for example be composed of multiple functional elements, such as for example the superstructure consisting of the derricking cylinder, the lift mechanism, the counterweight and the volume of oil. The volume of oil can oscillate very significantly depending on the operating state, for example the positions of the hydraulic cylinders, and can therefore influence the weight of the superstructure and therefore the overall centre of gravity of the crane. As a parameter, this can be relevant to structural integrity and/or resistance to tipping. Another sub-assembly can be the undercarriage consisting of for example four or more support members which can exhibit various lengths of extension, strengths and support force thresholds which are equal or also independently variable or different from each other.

The following assignment can for example be made:

the boom sub-assembly:

functional elements: telescopic parts, telescopic cylinders, tip extensions, bracing devices

the superstructure sub-assembly:

functional elements: turntable (steel construction), derricking cylinder, lift mechanism, slewing connection, counterweight

the undercarriage sub-assembly:

functional elements: drive assembly frame, outrigger members, outrigger cylinders, tyres

Threshold exposure / threshold curve

A threshold exposure or threshold curve, including a bearing load curve, indicates (for a functional element, sub-assembly or crane) the maximum bearing load which can/may be lifted in a given configuration, i.e. for example in accordance with the values of the state parameters and optionally also the operating parameters.

One or more threshold exposures or threshold curves can be stored in a memory which is accessed before, while or after the crane is configured for the given current configuration of the crane, in order to read out or ascertain the bearing loads of the functional elements or sub-assemblies of the crane and/or the crane as a whole.

Threshold exposures or threshold curves can also be stored as a number of discrete values, wherein the bearing loads for the respective given configuration can also be ascertained as required by interpolating or extrapolating stored values, as is described for example in EP 1 748 021.

Threshold exposures or threshold curves can also be indicated in part or completely by one or more formulaic relationships and pre-calculated or calculated as required and, if necessary, supplemented with stored threshold exposures or threshold curves.

By means of threshold exposures or threshold curves, it is possible to ascertain the overall load capacity of a crane in its respective configuration, wherein in accordance with the operating parameters of a crane having a fixed configuration, different operating states of the crane can also for example result in different bearing loads. It is also possible for the operating parameters to have no effect on the maximum bearing load of a crane, given a predetermined and constant configuration.

Ascertaining the bearing load

In principle, the bearing load or load capacity can be ascertained for a crane on the basis of a calculation using a current configuration of the crane or on the basis of currently occurring parameters for the given state of the crane. Alternatively or additionally, the load capacity of a crane can be ascertained on the basis of one or more pre-ascertained or calculated and stored load capacity values or on the basis of load capacity values of one or more functional elements or sub-assemblies. It is also possible to employ a combination of the two methods, i.e. to ascertain the load capacity of a crane on the basis of pre-stored values and on the basis of a calculation, such as for example a calculation of the load capacity on the basis of a formulaic relationship or also on the basis of an interpolative or extrapolative calculation.

Bearing loads or boom threshold curves for a boom, such as a main boom, which is for example embodied as a telescopic boom can for example be pre-ascertained and stored for each telescopic state. They can be stored for example in the form of an assignment between a maximum bearing load and a radius which can for example be predetermined as a continuous parameter. In a graphic representative, this results in a bearing load curve plotted against the radius. Such a curve can for example be stored for each telescopic state.

If, for example, five telescopic stages with two bolting holes each are provided in the boom, this results in three positions for each telescopic stage (completely retracted, plus two different extended states defined by the bolting holes), such that a total of $3^5 = 243$ telescopic states or main boom lengths or different configurations are possible. If a boom threshold curve is pre-ascertained and stored for each of these 243 telescopic states, then a total of 243 curves are provided in the memory.

The load capacity or bearing load of the boom can be formulaically represented as:

$$\text{load}_{\text{boom}} = f_{\text{boom}}(\text{tele}, \text{radius})$$

Various configurations for the counterweight CW can be stored, wherein ten different configurations may be assumed by way of example.

For the superstructure, the strength for the turntable itself can for example be pre-ascertained and stored, for example as a function of the boom and the counterweight CW. This can be formulaically represented as:

$$\text{load}_{\text{turntable}} = f_{\text{turntable}}(\text{load}_{\text{boom}}, \text{CW})$$

The strength and overall centre of gravity of the superstructure are dependent on the boom, the counterweight and the turntable, which can be formulaically represented as follows:

$$\text{load}_{\text{superstructure}} = f_{\text{superstructure}}(f_{\text{turntable}}(\text{load}_{\text{boom}}, \text{CW}), \text{CW}, f_{\text{boom}}(\text{tele}, \text{radius}))$$

The parameters of telescopic state (243 curves, in the example specified above) and counterweight (ten different configurations in accordance with the example) theoretically result in 2430 curves. The current superstructure threshold curve is calculated.

The slewing connection can exhibit a stored threshold curve and can reduce the superstructure load as applicable:

$$\text{load}_{\text{slewing connection}} = f_{\text{slewing connection}}(\text{load}_{\text{superstructure}}(\text{tele, radius, CW}))$$

This does not however have any effect on the number of stored curves, which in the given example remains at 2430.

An undercarriage comprises n outriggers (typically four, but optionally fewer or more, for example six or eight outriggers) which can be embodied in the form of an outrigger box and outrigger cylinder. Each of the n outriggers exhibits a threshold curve which is dependent on the configuration of the outrigger, i.e. for example its length of extension:

$$\text{load}_{A_i} = f(\text{length}_{A_i})$$

The undercarriage configuration can thus be specified by n parameters, i.e. for example $n = 4$ parameters.

Each of the n outriggers can for example exhibit three discrete lengths of extension, which would result in $3^4 = 81$ different combinations, i.e. in this case, there are then $2430 \times 81 = 196830$ permutations.

In order to avoid having to store such a large number of curves, it would for example be possible to only consider and store a predetermined and limited number n of basic outrigger configurations, such as for example just three outrigger configurations, such as for example: all supports extended by 0% (first outrigger configuration); all supports extended by 50% (second outrigger configuration); and all supports extended by 100% (third outrigger configuration). In this case, there are then fewer permutations, i.e. $2430 \times 3 = 7290$ permutations (in the given example, where $n = 3$).

The undercarriage additionally includes the parameter of slewing angle (slewing of the superstructure relative to the undercarriage). The slewing angle is continuously adjustable. If an angular resolution of 1° is chosen for a panoramic slewing angle of 360° , this results in 360 permutations. If the 2430 curves mentioned in the example embodiment above by way of example are to be stored at an angular resolution of 1° , this results in a total of $360 \times 2430 \times 3 = 2624400$ curves for $n = 3$ outrigger configurations. For technical reasons, however, storing that large a number of curves is problematic and impracticable.

Alternatively or additionally, a full 360° slewing range can for example be considered, wherein a maximum bearing load is then indicated such that it can be borne across the full 360° slewing range, wherein the slewing angle with the smallest maximum bearing load is then definitive, i.e. a maximum bearing load for the slewing angles which could in principle accommodate more bearing load is sacrificed.

Alternatively, the 360° slewing range can also be sub-divided, and predetermined slewing angular portions can be defined for which an allowed maximum bearing load can be ascertained and predetermined as a constant. It is for example possible to predetermine m ranges of the same or different sizes, such as for example $m = 4$ ranges at 90° each. Given n outrigger configurations and a sub-division into m ranges, $n \times m \times (\text{possible telescopic states}) \times (\text{possible counterweight configurations})$ curves to be stored are obtained, i.e. $3 \times 4 \times 243 \times 10 = 29160$ curves for the examples given above. While this does significantly reduce the number of 2624400 curves indicated above, ascertaining and storing such a large number of curves can however also be technically difficult or problematic in practice, in particular when a boom for example comprises more bolting holes and/or various tips are used during operations.

In accordance with one embodiment of the invention, the load capacity of a crane is ascertained by both making a calculation and accessing pre-stored values, such as for example pre-stored load capacity values of functional elements and/or sub-assemblies.

Within the meaning of the present invention, a calculation is understood to mean that for example a formulaic relationship is known, by means of which it is possible to ascertain or calculate, for specifically occurring state parameters and/or operating parameters of a functional element and/or sub-assembly, how large the maximum load capacity is.

In accordance with one embodiment of the invention, reference data or verification data can be adduced, on the basis of pre-ascertained and stored values, for verifying or checking purposes in order to ascertain whether the ascertained maximum bearing load is for example also plausible, such that the calculated result can be validated or verified.

In order to verify a calculation, selected bearing load curves can for example be stored, such as for example:

- bearing load for 360°, all supports at 100% (completely extended); maximum bearing load (example): 10 t
- bearing load for 360°, all supports identical but extended only partially (for example to 80%); maximum bearing load (example): 9 t
- optionally, additional bearing loads for 360°, all supports extended only partially (for example to 30%, 50%, etc.); maximum bearing load (example embodiment with supports extended to 50%): 6 t
- bearing load for 360°, all supports at 0% (completely retracted); maximum bearing load (example): 2 t

Additionally, it is also optionally possible to store reference bearing load points for predetermined slewing angles in a predetermined state of extension of the supports. If the angles at which the boom is above a support (i.e. for example 45°, 135°, 225° and 315°) are considered as slewing angles, this generally results in high bearing loads, i.e. bearing loads which in individual applications can exceed the panoramic bearing loads (bearing load for 360°). The following may be given as an example embodiment (for supports which are for example completely extended, i.e. 4 × 100%):

- bearing load for 45°/135°/225°/315°: equal throughout at 13 t

Where the supports are in the same state (i.e. for example 4 × 100% extended), it is optionally possible to also ascertain a bearing load for the intermediate states, i.e. for example a bearing load for the slewing angles 0°, 90°, 180° and 270°, at which the boom is situated between the supports, as viewed from above, which generally results in a lower bearing load than in the above example in which the boom is above the support.

A maximum bearing load of 10 t, equal throughout, is given for these states as an example embodiment (as a minimum, as a 360° panoramic load).

Generally, the above bearing load curves or bearing load values can be pre-ascertained and stored for one or more predetermined states of extension of the supports (i.e. for example: all supports retracted; all supports partially extended, such as for example to 10%, 20%, ..., 90%); and all supports completely extended) as a panoramic bearing load (bearing load for 360°) and/or also for predetermined sectors or individual angles or angular ranges (see previous example: boom above supports or boom between supports).

In addition to the above example, reference bearing load points can also for example be ascertained and stored for only partially extended supports, for example $4 \times 80\%$, as follows:

- bearing load for 45°/135°/225°/315° (boom above support): equal throughout at 11 t
- bearing load for 90°/270° (boom between supports): bearing load 9 t throughout (minimum, panoramic load)
- bearing load for 0°/180° (boom between supports): bearing load 10 t throughout

Pre-ascertaining and storing reference bearing load points for selected states is not used in accordance with the invention to ascertain the bearing load (though this would be possible, if for example one of the states exactly specified therein occurs). These pre-stored values or curves are instead used to verify a calculation. The bearing load is thus not ascertained in accordance with the invention by interpolating or extrapolating on the basis of pre-stored values but instead by a calculation, wherein one or more calculated bearing load values are verified or validated on the basis of pre-stored reference data. The reference data thus do not have any impact or effect on an ascertained numerical value for a maximum bearing load, but are rather merely used to verify the ascertained numerical value, i.e. to assert that it is valid and usable or to assert that it is invalid. In the latter case, a warning signal can for example be outputted and/or the crane can be automatically shut down or stopped.

Example 1

In a current crane configuration, all of the outriggers are completely extended ($4 \times 100\%$). The slewing angle (of the superstructure relative to the undercarriage) measures 35° .

A calculation based on a predetermined formula yields a maximum bearing load of 12.5 t.

In order to verify the calculated value of 12.5 t, reference is made in accordance with the invention to pre-stored reference values, as indicated above by way of example, wherein for verifying purposes, reference is made to one or more pre-stored datasets which are for example as close as possible to the current configuration, i.e. wherein for example individual parameter values match or exhibit a small or minimal deviation from the parameter values occurring, wherein datasets can also be used which exhibit a minimal upward and/or downward deviation from a predetermined parameter value (i.e. the next-larger and/or next-smaller stored value), wherein one or more reference values or comparative values can be ascertained which can be adduced in order to verify the calculated maximum bearing load.

For the example embodiment given above, the reference bearing load point (slewing angle: 45° at $4 \times 100\%$) can for example be adduced as a first comparative value, which in the above example embodiment exhibits a maximum bearing load of 13 t.

A second nearest pre-stored value lying at the slewing angle 0° and $4 \times 100\%$ has in the above example embodiment been stored with a lower bearing load of 10 t.

Since, as mentioned above, it is known that a maximum bearing load when a slewing angle is above a support (i.e. for example 45°) can be larger (example embodiment: 13 t) than when a slewing angle is between the supports (0°), which is indicated at 10 t, the interval between 10 t and 13 t can be ascertained and indicated as a plausibility interval on the basis of the pre-stored bearing load values, in order to verify whether the calculated maximum bearing load is plausible and can thus be validated.

In the example embodiment, the ascertained bearing load measured 12.5 t and is thus within the interval indicated, such that the calculated bearing load is assumed to be correct.

If the calculation were to yield a value which is not within the interval, it is assumed that an error has occurred, and a shutdown procedure can for example be performed.

Example 2

The current configuration shall be $4 \times 80\%$ (outrigger) and 35° (slewing angle).

A calculation yields a bearing load of 10.8 t.

In order to verify this calculation, the following nearest pre-stored datasets can be adduced on the basis of the above example:

- $4 \times 80\%$ (supports), 45° slewing angle: pre-stored maximum bearing load 11 t
- $4 \times 80\%$ (supports), 0° slewing angle: pre-stored maximum bearing load 9 t

The calculated current bearing load of 10.8 t is within the interval between 9 t and 11 t and is thus considered to be valid.

In order to be able to perform improved verification, tendencies or gradients of the bearing load values can also be considered, wherein additional information considered is for example that a bearing load is normally greater, the further the supports are extended and is smaller, the further the supports are retracted.

It is noted that the above example embodiment can also be correspondingly adduced for other parameters, wherein it is also always possible to consider information on which states are stable (states or configurations or parameter values with a higher bearing load) and which states or parameter values have a lower bearing load, in order to perform plausibility observations such as the above gradient observation. Comparative intervals have also been given in the above example embodiment only by way of example; it is however also possible to use more finely or more broadly graduated datasets or comparative intervals. Generally, integrity of a calculation is verified more thoroughly, the more finely the pre-stored parameter values are sub-divided.

It is thus possible in accordance with the invention to perform a calculation using relatively simple formulae. This calculation can be verified and validated on the basis of comparatively few pre-stored datasets.

It is therefore no longer necessary to pre-calculate and store a very large multitude of curves and to use these curves directly and/or interpolate between these curves. It is instead possible in accordance with the invention to significantly reduce the number of stored curves, since they are not used for the actual calculation, for example by interpolating, but rather only in order to verify a calculation. Consequently, only a calculation which has been correspondingly validated in accordance with the invention is used as the ascertained bearing load, and not a value which has for example been obtained from an interpolation between pre-stored curves.

The invention is described on the basis of example embodiments and by referring to the figures. There is shown:

- Figure 1 a two-dimensional load capacity curve of a boom (radius to load capacity);
- Figure 2 a threshold curve of the superstructure, based on the threshold curves of boom strength, slewing connection and derricking cylinder;
- Figure 3 the "360° table" operating mode;
- Figure 4 the "restricted working range" operating mode;
- Figure 5 the "sector-specific load capacities" operating mode;
- Figure 6 the "optimised load capacity" operating mode;
- Figure 7 an operating panel for depicting bearing loads and working ranges;
- Figure 8 a crane comprising functional elements;
- Figure 9 sensors of the crane in Figure 8; and
- Figure 10 a flow diagram for calculating bearing load volume.

A boom system can for example have a threshold curve in the form of a two-dimensional parameter set "radius to load capacity" and/or "boom angle to load capacity". These data can for example be calculated and stored in predefined increments, such as for example 1.0 metres for the radius and 1.0° for the angle. It is for example possible to calculate and store a finite number of two-dimensional parameter sets for a finite number of boom lengths and/or telescopic states and optionally combinations with tip lengths, as shown in Figure 1, wherein the boom length (or radius) is plotted along the X-axis and the maximum bearing load is plotted along the Y-axis. It can for example be read from the pre-calculated threshold curve

marked that the maximum load capacity at a boom length of 15 metres measures about 30 tonnes.

The threshold curves for other functional elements or components of the superstructure are normally likewise two-dimensional and can be combined with the threshold curves of the boom to form a resultant two-dimensional parameter set. A finite number n_G of counterweights and n_A boom lengths then for example results in a total of $n_A * n_G$ two-dimensional parameter sets for the superstructure as a whole.

Figure 2 shows the bearing load curve for the boom strength BM, already shown in Figure 1, wherein the threshold curves for the slewing connection SC, the derricking cylinder DC and the superstructure SS (all plotted against the radius of the boom by way of example) are additionally also marked, enabling them to be compared. The derricking cylinder curve can for example also be plotted against the derricking cylinder length. The relationship between the derricking cylinder length and the radius can then again be derived using the crane state. As can be seen from Figure 2, this results in the lowermost curve marked, as the sub-assembly minimum, being the bearing load curve for the sub-assembly composed of these functional elements, wherein said bearing load curve is for example determined by the boom strength threshold curve up to a boom length of about seven metres. For a boom length in the range of seven metres to about 24 metres, the sub-assembly bearing load curve is determined by the threshold curve of the slewing connection, since the latter permits lower values for the maximum bearing load in the cited range than the other threshold curves. For a value of the boom length above about 24 metres, the sub-assembly bearing load curve is defined by the derricking cylinder threshold curve which exhibits the lowest permissible bearing loads within this range.

The threshold curve for the superstructure, which is shown in Figure 2, is shown for a constant counterweight by way of example. For a different counterweight, a different threshold curve can be ascertained in the given way.

The threshold curves for the components of the undercarriage can normally likewise be represented by a two-dimensional parameter set, wherein the position of the superstructure relative to the undercarriage (the slewing angle) is excluded as a variable, and a minimum value which is permissible for all positions is pre-ascertained. If there are a multitude of

combinations of individual parameters, in particular the length of extension of the support members, this then results in further possible combinations with the superstructure parameter sets. If there are for example four support members S1, S2, S3 and S4, this results in $n_{S1} * n_{S2} * n_{S3} * n_{S4}$ possible combinations with the superstructure parameter sets, wherein an individual parameter n_S can occur in a multitude of finite states or also in an infinite (infinitely variable) number of states, such that a finite or also infinite multitude of combinations results. There are often a limited number of states of the support members (such as for example lengths of extension of 0%, 50% and 100%) and a limited number of combinations (for example: all 0%; all 50%; all 100%; one side 50%, opposite side 100%; etc.).

If there are infinite or infinitely variable permutations for the parameters n_{S1} , n_{S2} , n_{S3} , n_{S4} , i.e. if for example the support members can be extended in an infinitely variable way, independently of each other, this results in an infinite number of possible combinations.

If the overall bearing load curve is reduced to a minimum value curve by excluding the variable position of the superstructure relative to the undercarriage (the slewing angle), i.e. the variable "slewing angle" is set to a constant, then ranges – such as for example particular slewing positions of the superstructure relative to the undercarriage which can exhibit higher load capacities – are not optimally utilised.

The load capacity of a crane comprising at least two sub-assemblies, wherein each sub-assembly is specified by at least one parameter, for example an operating parameter and/or a state parameter, is for example ascertained by pre-ascertaining and storing the threshold exposure or threshold curve or maximum bearing load for at least one **first sub-assembly** which exhibit(s) the lowest number of parameters or the lowest number of possible variations or the lowest gradient (the lowest change in the maximum bearing load when there is a change in one or more state parameters) and reading out the assigned value of the bearing load for the current parameter or parameters, wherein the threshold exposure or maximum bearing load for at least one **second sub-assembly** having the largest number of parameters or the largest number of possible variations or the highest gradient (the greatest change in the maximum bearing load when there is a change in one or more state parameters) is/are ascertained only as required. It/they is/are ascertained in accordance with requirements on the basis of the currently given combination of operating parameters and/or state

parameters and can for example be ascertained by calculation and verifying the calculation on the basis of pre-ascertained and stored values. For this purpose, a formulaic relationship between the maximum bearing load and the state parameters and/or operating parameters can for example be predetermined and stored as a calculation protocol.

A "first sub-assembly" within the above meaning can for example be the superstructure including a boom and a counterweight; a second sub-assembly can for example be the undercarriage comprising outrigger members, the superstructure and the slewing angle of the superstructure.

The load capacity or maximum bearing load of a crane is thus not merely ascertained exclusively on the basis of pre-stored values, but rather pre-stored threshold curves are for example only used if they are threshold curves which are easily stored, i.e. for example two-dimensional threshold curves or three-dimensional threshold curves and, in individual cases, one or more higher-dimensional threshold curves, and/or in order to verify a calculation, for example for the undercarriage. What is however avoided is that high-dimensional or even an infinite number of threshold curves would have to be stored if there are too many parameters to be considered and/or too many possible individual states of one or more parameters. Using only low-dimensional threshold curves in accordance with the invention enables a simple partial solution to the problem of determining the overall load capacity of a crane. For those functional elements or sub-assemblies which can only be described with respect to their maximum bearing load using multi-dimensional threshold curves, a calculation is performed which is based for example on one or more predetermined formulaic relationships or formulae, in order to ascertain an overall bearing load from currently occurring parameter values or parameter combinations, in consideration of the partial bearing loads ascertained from the stored threshold curves, wherein for safety reasons, and as already described, the lowest sub-assembly-specific maximum bearing load is ascertained as the maximum bearing load of the crane. In this case, the sub-assembly which can bear the lowest load in the present configuration determines the permissible maximum bearing load of the crane.

Pre-calculated two-dimensional or three-dimensional threshold curves or maximum sub-assembly-specific bearing loads for the boom system, and optionally also for the derricking cylinder, for the parameters which determine the current configuration can for

example be read out from a memory, and these pre-calculated threshold curves or maximum sub-assembly-specific bearing loads can be transmitted to the crane controller.

If threshold curves are read out, the crane controller can then select an assigned, for example two-dimensional threshold curve, for example on the basis of detecting the current configuration of the boom system. The configuration of the boom system can for example be detected by inputting, for example by a user inputting, a corresponding code or generally the corresponding configuration and/or can also be completely or additionally detected by one or more sensors. Sensors can for example be arranged on a boom which transmit the current length of the boom to the crane controller. In parallel with this, or prior or subsequent to this, it is possible to ascertain the relevant state parameters and/or operating parameters on the basis of detecting the components of the superstructure, i.e. including for example in consideration of the counterweight, and on the basis of this, to ascertain the for example two-dimensional threshold curve for the superstructure which is assigned to the configuration and/or parameters or to read it out from a memory. The components or the given configuration can be detected, as described above, by an input, for example an input by a user, and/or by a sensor which is connected to the crane controller or a computational unit. Parameters can also be inputted in relation to desired (subsequent) states of the crane which can presently exhibit a configuration which deviates from this. The parameters in this case are also referred to as specifically occurring (for example inputted) parameters.

The maximum load capacity of the undercarriage can be ascertained on the basis of detecting the configuration or components, in particular the configuration or geometry of the outrigger base of the undercarriage. The operating parameters and/or state parameters used to describe the configuration of the undercarriage can for example be inputted and/or ascertained by sensors. Since the state parameters of the undercarriage, i.e. for example four support members which can be extended and retracted in an infinitely variable way and independently of each other, can assume not only discretely predetermined values in the example described but can assume a theoretically infinite number of values between two predetermined positions (for example a completely retracted support member and a completely extended support member), if for example they can be adjusted in an infinitely variable way, and since multiple support members – for example, four support members – are provided, this theoretically results in an infinite multitude of possible configurations. In accordance with the invention, the maximum bearing load of the undercarriage is calculated for the current configuration

only, on the basis of a formulaic relationship which is for example predetermined, wherein it is not necessary to calculate and store all of the possible individual states or possible combinations of different individual states, as it is when pre-calculating and storing in a memory. This calculation can be verified on the basis of pre-stored values.

The calculated threshold exposure or maximum bearing load can then optionally also be ascertained, in consideration of the threshold curve or bearing load – ascertained as described above – for the superstructure-boom system, for a specifically occurring slewing angle between the undercarriage and the superstructure. Optionally, said calculation is made for the entire slewing range between the undercarriage and the superstructure, i.e. the range from 0° to 360°, wherein said calculation can be made in advance or as required, including for example continuously, and a bearing load curve which is dependent on the slewing angle can thus be predetermined. Said calculation can optionally also be made in discrete increments and can for example ascertain – sub-divided in continuous discrete increments, such as for example 1° increments or 5° increments – what the maximum bearing load is for the respectively considered slewing positions.

It is thus possible to calculate a maximum bearing load for any configuration of the outrigger base and for any slewing angles between the superstructure and the undercarriage, and a threshold curve for the crane can for example be indicated on the basis of a plurality of these calculations, wherein the maximum bearing load for different slewing angles of the superstructure relative to the undercarriage can be indicated on the basis of the individual calculations. The only variable parameter of this threshold curve is then the slewing angle; the undercarriage configuration is then assumed to be constant in the given state.

The use of pre-stored threshold curves, which is known in its own right, can therefore be reduced to an expedient amount by pre-calculating and storing said threshold curves only for low-parameter functional elements or sub-assemblies, making it no longer necessary to pre-ascertain and store a high number of threshold curves for all of the possible configurations of the overall system. In the case of functional elements or sub-assemblies, such as a variable outrigger base in the example described, a multitude of threshold curves for considering the different individual positions or combinations are not pre-calculated and stored in accordance with the invention, but rather a calculation is instead performed and said calculation is verified on the basis of (comparatively few) stored datasets. The result can be used to

ascertain the overall bearing load, for example in additional consideration of the maximum bearing load of the other functional elements or sub-assemblies of the crane, ascertained from pre-ascertained and stored threshold curves, wherein a new threshold curve can also be calculated which for example exhibits the slewing angle between the superstructure and the undercarriage as its only parameter. This enables the effort involved in pre-determining threshold curves and the memory needed for storage to be reduced on the one hand, and on the other hand enables the overall load capacity of a crane for an overall system having a theoretically infinite number of states or possible combinations to be easily ascertained, and the overall load capacity of the crane to thus be utilised as optimally as possible.

The slewing angle between the undercarriage and the superstructure can for example be detected by means of a sensor and transmitted to the crane controller or a bearing load calculating unit, in order to determine the maximum permissible bearing load for the respectively currently occurring configuration.

In addition to ascertaining the maximum bearing load, it is also possible to ascertain or calculate one or more permissible maximum working speeds, wherein the following aspects can be considered in this respect:

- a) the current utilisation of the threshold load capacity;
- b) the location of the current two-dimensional threshold curve within the three-dimensional threshold curve;
- c) the currently chosen operating mode
- d) reliability of the sensor data of user inputs (validation).

On the basis of ascertaining the load capacity as above, it is possible to determine various operating modes and offer them to a user, as shown by way of example in Figures 3 to 6.

Figure 3 shows the "360° table" operating mode, wherein the minimum load capacity from the slewing range as a whole is taken as a basis. It is thus to be expected that a critical state will not arise during slewing. The working speeds do not have to be separately limited.

Figure 4 shows the "restricted working range" operating mode. The working range is pre-limited to a particular range (for example 180° to the rear). The minimum load capacity

for the chosen working range is taken as a basis. The shutdown thresholds for slewing are known in advance and independent of bearing load utilisations. When approaching the working range boundary, the speed is reduced in good time and the slewing movement is halted before or at the boundary.

Figure 5 shows the "sector-specific load capacities" operating mode. The working range is pre-divided into suitable sectors (for example 180° left/right or 90° above the supports). The minimum load capacity for the individual sectors is ascertained and taken as a basis. The shutdown thresholds for slewing are dependent on bearing load utilisations and have to be ascertained dynamically. A change in the permissible bearing load can however only come to bear at the sector boundaries. The speed thus only has to be separately reduced when approaching the sector boundaries, and as applicable the movement halted before or at the boundary.

Figure 6 shows the "optimised load capacity" operating mode. The working range is pre-divided into finite sectors (of for example 5° or 10°). The optimum or maximum load capacity for each respective sector is taken as a basis. The shutdown thresholds for slewing are dependent on bearing load utilisations and are ascertained dynamically. A change in the permissible bearing load can come to bear at any time. The speed is thus monitored constantly and can be separately adapted and as applicable reduced as a function of the permissible bearing loads and the current utilisation of the load capacity. At its maximum, the movement can be halted in good time.

A three-dimensional load capacity table is thus available at any time, and the operator can choose a corresponding mode in accordance with the work task, as shown for example in Figure 7. The alternative operating modes can for example be:

- utilising the maximum load capacity / working radii and accepting the reduced speeds and/or limits on the working range / slewing angle;
- working "unrestricted" at higher speeds and accepting reduced load capacities;
- a combination of these two permutations.

In accordance with one sequence by way of example, the following steps are performed:

Step 1: evaluating the boom configuration sensor values and selecting the corresponding boom strength;

Step 2: evaluating the "superstructure" sub-assembly configuration sensor values and calculating the strength of the sub-assembly;

Step 3: evaluating the outrigger sensor values and calculating the 360° curve;

Step 4: evaluating the slewing angle sensor values and outreach sensor values and ascertaining the permissible bearing load for the current slewing angle;

Step 5: evaluating the load sensor values and outreach sensor values and ascertaining the currently occurring load;

Step 6: comparing the target and actual values and regulating the maximum permissible speeds, including shutting down dangerous movements.

Figure 8 shows a crane which can perform the method described above, wherein the crane comprises a telescopic boom 1 which can be set in terms of its pitch by means of the derricking cylinder 2. Support members 3 are provided laterally on the left and right, respectively, on the front and rear side of the mobile crane and can assume any intermediate position between a completely retracted position and a completely extended position. A counterweight 4, which is provided on the superstructure 6 which can be slewed through 360° relative to the undercarriage 5, can assume one of multiple predetermined discrete values from different counterweights.

Figure 9 shows the crane depicted in Figure 8, with sensors marked which can be used individually or in combination to determine the configuration or state parameters or operating parameters of the crane. One or more sensors for determining the boom angle can be provided at the positions marked as 7. A sensor for determining the boom length or the telescopic state of the boom can be provided at the position marked as 8. The region in which a sensor for ascertaining the derricking cylinder pressure and thus the operating state or the derricking cylinder configuration can be provided is denoted by 9. One or more sensors for ascertaining the support breadth can be provided at the points marked as 10, and sensors for ascertaining

the support pressure can be provided at the points marked as 11. A sensor for determining the counterweight is denoted by 12, a sensor for determining the cable force is denoted by 13, and a sensor for detecting additional equipment (for example a hose drum for supplying oil to the tip cylinder and/or a tip which is mounted on the boom) is denoted by 14. A sensor for detecting the actual load on the boom can for example be provided at the point marked as 15.

Figure 10 shows a flow diagram for calculating a bearing load volume. As shown in the steps at the top of Figure 10, the configuration is initially determined once when there is a change in the configuration, see the top two steps. The configuration of the boom and the configuration of the superstructure are for example determined, and a strength curve or bearing load curve is ascertained in each case which can be two-dimensional or multi-dimensional. As indicated by way of example, state parameters of the boom are (not exhaustively) the angle, the telescopic state and the tip. State parameters of the superstructure are for example (likewise not exhaustively) the curve of the boom, the current counterweight and the state of the lift mechanism. The undercarriage configuration can assume a theoretically infinite number of states due to the variable support breadth of the outriggers, wherein the load capacity is calculated for the specifically occurring state which is for example ascertained automatically on the basis of the sensors, provided on the support members, for determining the respective extended state. In combination with the strength curves of the boom and superstructure which are ascertained from stored values, it is possible to calculate a maximum load capacity which is dependent on the slewing angle, such that a three-dimensional bearing load volume can for example be produced, wherein large gradients can also be detected. In this context, gradients can for example indicate how significantly the bearing load is changed by changing parameters. The latter are very important for safe operations and can also be separately assessed. For particular configurations (for example, all outrigger members retracted), it may be that a bearing load of 15 t is permissible at a given slewing angle of the superstructure of for example 80° . It may then be that at a slewing angle of 75° , the permissible load shrinks to 5 t due to restrictions relating to structural integrity, i.e. the "change in bearing load per change in angle" gradient in this case is $10/5 = 2.0 \text{ t}/^\circ$. For dynamic and control-related reasons, however, a certain "precursor angle" is necessary which has to be available for the targeted deceleration of the superstructure. If this precursor angle is 10° , then measures would therefore have to be initiated, at the earliest even at 85° , so that the 5 t point is not exceeded at 75° even when the slewing of the superstructure is braked sharply.

Once the maximum bearing load has been ascertained and calculated once for a present configuration or following a change in the configuration, the subsequent steps can be performed continuously or on an ongoing basis during operations. The respectively permissible maximum bearing load can be determined for the current slewing angle between the superstructure and the undercarriage, which is for example ascertained by means of a slewing angle sensor. This then results in a two-dimensional load-over-radius bearing load curve which for example shows the bearing load for various derricking angles (radii).

In consideration of a measured or inputted current load, which is for example ascertained on the basis of the parameters of cylinder pressure, angle and/or force, a calculation can be made in order to indicate to an operator that the speed should be reduced or the crane should be shut down into a secure mode. This information can also be converted automatically into the actions indicated, wherein for example the output value of a wind sensor and/or a support pressure limit and/or a user input can be considered.

This information can be forwarded to a drive controller in order to operate the crane.

Claims

1. A method for ascertaining the load capacity of a crane in a particular configuration, wherein:
 - a) the crane comprises at least two sub-assemblies (1–6);
 - b) the crane exhibits a plurality of possible configurations which are determined by parameters of the sub-assemblies (1–6);
 - c) the sub-assembly-specific load capacity of the crane is dependent on at least one parameter of the respective sub-assembly (1–6);
 - d) at least one first sub-assembly (1, 2, 4, 6) is specified by a lowest number of parameters and/or exhibits a lowest number of possible variations of the parameter or parameters and/or exhibits a lowest gradient of the change in the maximum bearing load when there is a change in one or more parameters;
 - e) at least one second sub-assembly (3, 5) is specified by a largest number of parameters and/or exhibits a largest number of possible variations of the parameter or parameters and/or exhibits a largest gradient of the change in the maximum bearing load when there is a change in one or more parameters;
 - f) the specifically occurring values of the parameters of the at least one first sub-assembly (1, 2, 4, 6) and the at least one second sub-assembly (3, 5) are ascertained in the particular configuration of the crane;
 - g) the sub-assembly-specific load capacity of the at least one first sub-assembly (1, 2, 4, 6) is calculated and/or pre-determined and stored as a function of at least one of the parameters of the at least one first sub-assembly (1, 2, 4, 6) and is read out for the specifically occurring value(s) of the parameter(s) from a memory;
 - h) the sub-assembly-specific load capacity of the at least one second sub-assembly (3, 5) is ascertained or calculated from the specifically occurring values of the parameter or parameters of the second sub-assembly (3, 5), wherein the result of ascertaining or calculating is verified on the basis of one or more stored values; and
 - i) the load capacity of the crane is determined on the basis of the sub-assembly-specific load capacities of the at least one first sub-assembly (1, 2, 4, 6) and the at least one second sub-assembly (3, 5) thus ascertained.

2. The method for ascertaining the load capacity of a crane according to Claim 1, wherein a first sub-assembly is a sub-assembly which is dependent on one parameter only.
3. The method for ascertaining the load capacity of a crane according to Claim 1, wherein a first sub-assembly is a sub-assembly which is dependent on two parameters at most or three parameters at most.
4. The method for ascertaining the load capacity of a crane according to any one of the preceding claims, wherein a second sub-assembly is a sub-assembly which is dependent on four or more parameters and/or is an undercarriage comprising support elements (3) which can be extended independently of each other.
5. The method for ascertaining the load capacity of a crane according to any one of the preceding claims, wherein a second sub-assembly is a sub-assembly which is dependent on at least three parameters or at least four parameters, wherein each parameter of the sub-assembly can be discretely or continuously changed independently of other parameters of the sub-assembly.
6. The method for ascertaining the load capacity of a crane according to any one of the preceding claims, wherein parameters of a sub-assembly include state parameters for describing the state or determining the configuration or geometry of the sub-assembly and/or operating parameters for describing the operating state.
7. The method for ascertaining the load capacity of a crane according to any one of the preceding claims, wherein at least one two of the following sub-assemblies are used to perform the method: a boom (1); a derricking cylinder (2); a support member (3); a counterweight (4); an undercarriage (5); a superstructure (6).
8. The method for ascertaining the load capacity of a crane according to any one of the preceding claims, wherein:
 - the boom sub-assembly (1) is determined by the parameters of boom length and/or boom angle; and/or
 - the derricking cylinder sub-assembly (2) is determined by the parameter of boom length or optionally boom angle, from kinematics; and/or

- the undercarriage sub-assembly (5) consists of at least four individual support members or individual supports and is determined by the parameter of length of extension and/or the parameter of support force which can be determined independently of each other for each individual support member or each individual support (3); and/or
 - the counterweight sub-assembly (4) is determined by the parameter of weight value and location of the centre of gravity; and/or
 - the crane sub-assembly is determined by the parameters of the boom sub-assembly (1), the derricking cylinder sub-assembly (2), the support member sub-assembly (3), the counterweight sub-assembly (4) and the superstructure sub-assembly (5).
9. The method for ascertaining the load capacity of a crane according to any one of the preceding claims, wherein the specifically occurring value of the parameter or parameters of a sub-assembly is ascertained by one or more sensors (7–13) and/or by manual inputs.
10. A method for ascertaining the load capacity of a functional element of a crane, the load capacity of a sub-assembly of a crane or the load capacity of a crane, wherein: a maximum bearing load is calculated for a specifically occurring configuration and/or specifically occurring state parameters and/or specifically occurring operating parameters on the basis of a predetermined formula; and the calculation is verified on the basis of stored bearing load values.
11. The method according to any one of the preceding claims, wherein in order to verify a calculation, the stored parameter sets which match the given parameter values and/or exhibit a minimal upward and/or downward deviation for a respective parameter are adduced.
12. The method according to the preceding claim, wherein a verification is made, on the basis of a gradient observation ascertained on the basis of the stored values, as to whether a calculated bearing load value is plausible.

13. A method for monitoring the safety of a crane, wherein the load capacity of a crane is ascertained using a method according to any one of the preceding claims and monitored as to whether it is being observed.
14. A crane comprising means for performing a method according to any one of the preceding claims.
15. The crane according to Claim 14, fitted with means for depicting all of the state parameters which are ascertained on the basis of the method according to any one of Claims 1 to 13.

Abstract

A method for ascertaining the load capacity of a functional element of a crane, the load capacity of a sub-assembly of a crane or the load capacity of a crane, wherein: a maximum bearing load is calculated for a specifically occurring configuration and/or specifically occurring state parameters and/or specifically occurring operating parameters on the basis of a predetermined formula; and the calculation is verified on the basis of stored bearing load values.

(Figure 10)

35

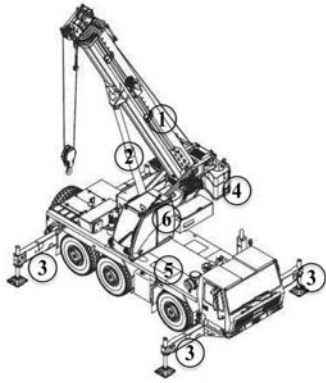


Figure 8

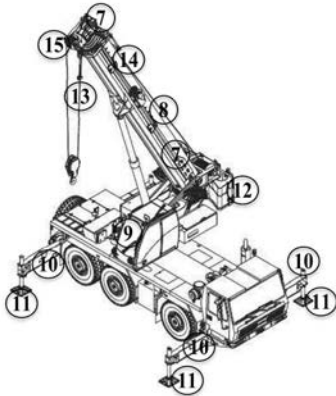


Figure 9

36

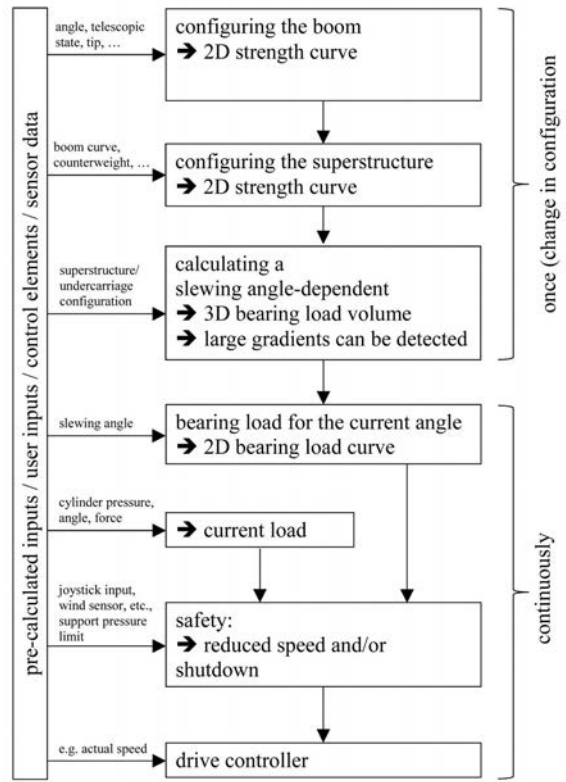


Figure 10