

(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2012-13085

(P2012-13085A)

(43) 公開日 平成24年1月19日(2012.1.19)

(51) Int.Cl.
F03D 7/04 (2006.01)

F I
F03D 7/04 K

テーマコード(参考)
3H078

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2011-143057 (P2011-143057)
 (22) 出願日 平成23年6月28日 (2011. 6. 28)
 (31) 優先権主張番号 10167623.7
 (32) 優先日 平成22年6月29日 (2010. 6. 29)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 390039413
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
 Siemens Aktiengesellschaft
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン
 ヴィッテルスバッハープラッツ 2
 Wittelsbacherplatz 2, D-80333 Muenchen, Germany
 (74) 代理人 100099483 弁理士 久野 琢也
 (74) 代理人 100061815 弁理士 矢野 敏雄

最終頁に続く

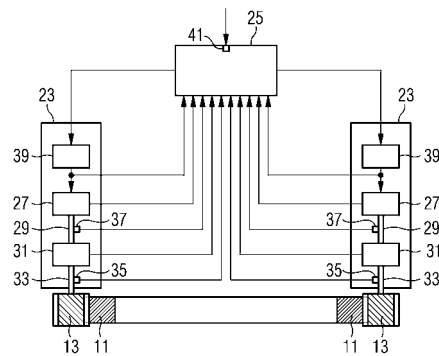
(54) 【発明の名称】 風車ヨー・システムおよび風車ヨー・システムを制御する方法

(57) 【要約】

【課題】ヨー・システム内の駆動ユニットにわたってより均一に負荷を分散すること可能にする風車ヨー・システムを提供する。

【解決手段】ヨー・ギヤ(11)と、少なくとも2つのピニオンギヤ(13)と、少なくとも2つの駆動ユニット(23)と、制御システムとが設けられている風車ヨー・システムにおいて、制御システムが、各駆動ユニット(23)のための少なくとも1つのフィードバックループを有しており、該フィードバックループが、少なくともそれぞれの駆動ユニット(23)の1つの運転パラメータの実際値を含む少なくとも1つの駆動ユニットフィードバック信号を制御器(25)にフィードバックし、制御器(25)が、基準信号と、フィードバック信号とに基づいて駆動ユニット制御信号を発生させるようになっている。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

風車ヨー・システムであって、ヨー・ギヤ(11)と、少なくとも2つのピニオンギヤ(13)と、少なくとも2つの駆動ユニット(23)とが設けられており、各駆動ユニット(23)が、それぞれのピニオンギヤ(13)を駆動するために、ピニオンギヤ(13)の1つに関連しており、さらに、制御システムが設けられており、該制御システムが、それぞれの駆動ユニット(23)のための少なくとも1つの所望の運転パラメータ値を含む駆動ユニット基準信号に従ってそれぞれの駆動ユニット(23)を制御するために、駆動ユニット制御信号を各駆動ユニット(23)のために発生させる制御器(25)を有しており、これにより、それぞれの駆動ユニット(23)において少なくとも1つの所望の運転パラメータ値が実現されるようになっている形式のものにおいて、

10

前記制御システムが、各駆動ユニット(23)のために少なくとも1つのフィードバックループを有しており、該フィードバックループが、少なくともそれぞれの駆動ユニット(23)の1つの運転パラメータの実際の値を含む少なくとも1つの駆動ユニットフィードバック信号を制御器(25)にフィードバックし、

制御器(25)が、基準信号と、フィードバック信号とに基づいて駆動ユニット制御信号を発生させるようになっていることを特徴とする、風車ヨー・システム。

【請求項 2】

各駆動ユニット(23)が、それぞれの駆動ユニット(23)が形成するトルクを検出する少なくとも1つのトルクセンサ(37)を有していて、

20

各フィードバック信号が、少なくともそれぞれのトルクセンサ(37)の出力を表している、請求項1記載の風車ヨー・システム。

【請求項 3】

各駆動ユニット(23)が、電動モータ(27)を有していて、

各フィードバック信号が、それぞれの電動モータ(27)の少なくとも1つの運転パラメータを表している、請求項1または2記載の風車ヨー・システム。

【請求項 4】

各フィードバック信号は、少なくともそれぞれの電動モータ(27)が受けた負荷を、電動モータ(27)の運転パラメータとして表す、請求項3記載の風車ヨー・システム。

【請求項 5】

各フィードバック信号が、少なくともそれぞれの電動モータ(27)により消費された電流を表す、請求項3または4記載の風車ヨー・システム。

30

【請求項 6】

各駆動ユニット(23)が、電動モータ(27)とピニオンギヤ(13)との間に伝動装置(31)を有しており、

各フィードバック信号が、伝動装置(31)の少なくとも1つの運転パラメータを表す、請求項3から5までのいずれか1項記載の風車ヨー・システム。

【請求項 7】

前記トルクセンサ(37)が、伝動装置(31)の高速側に配置されている、請求項2および6記載の風車ヨー・システム。

40

【請求項 8】

前記トルクセンサ(37)が、伝動装置(31)の低速側に配置されている、請求項2および6記載の風車ヨー・システム。

【請求項 9】

各駆動ユニット(23)が、モータとピニオンギヤとを接続するシャフトの回転位置、またはモータ(27)とピニオンギヤ(13)との間に伝動装置が存在する場合には、モータ(27)と伝動装置(31)との間のシャフト(29)の回転位置、伝動装置(31)とピニオンギヤ(13)との間のシャフト(33)の回転位置、または伝動装置(31)のギヤホイールの回転位置をエンコーディングする位置エンコーダ(35)を有していて、

50

フィードバック信号が少なくともそれぞれの位置エンコーダ(35)の出力を表している、請求項3から8までのいずれか1項記載の風車ヨー・システム。

【請求項10】

各駆動ユニット(23)が、制御器(25)と、モータ(27)との間に、モータ(27)の速度を制御するために周波数変換器(39)を有していて、

各フィードバック信号が、それぞれの周波数変換器(39)の少なくとも1つの運転パラメータを表す、請求項3から9までのいずれか1項記載の風車ヨー・システム。

【請求項11】

請求項1から10までのいずれか1項記載の風車ヨー・システムを有することを特徴とする風車。

【請求項12】

ヨー・ギヤ(11)と、少なくとも2つのピニオンギヤ(13)と、少なくとも2つの駆動ユニット(23)とを備えた風車ヨー・システムであって、各駆動ユニット(23)が、それぞれピニオンギヤ(13)を駆動するために、ピニオンギヤ(13)の1つに関連している形式の風車ヨー・システムを制御する方法であって、

各駆動ユニット(23)を、それぞれの駆動ユニット(23)のための少なくとも1つの所望の運転パラメータ値を含む駆動ユニット基準信号に従って制御し、これにより、それぞれの駆動ユニット(23)の少なくとも1つの所望の運転パラメータ値を実現するようになっている方法において、

少なくとも各駆動ユニット(23)の1つの運転パラメータの実際の値を、フィードバック信号を用いて制御器(25)にフィードバックし、制御器(25)が、各基準信号とフィードバック信号とに基づいて、駆動ユニット(23)のための駆動ユニット制御信号を発生させることを特徴とする、風車ヨー・システムを制御する方法。

【請求項13】

駆動ユニット制御信号を、それぞれの基準信号と、それぞれのフィードバック信号の運転パラメータ値間の差とに基づいて発生させる、請求項12記載の方法。

【請求項14】

駆動ユニット(23)のための各駆動ユニット制御信号を、基準信号の少なくとも1つの所望の運転パラメータ値と、それぞれの駆動ユニット制御信号によって制御されるべき駆動ユニットから得られたフィードバック信号の少なくとも1つの運転パラメータ値との差に基づいて発生させる、請求項12記載の方法。

【請求項15】

各駆動ユニット(23)が、電動モータ(27)を有していて、駆動ユニット(23)のフィードバック信号が、それぞれの電動モータ(27)の少なくとも1つの運転パラメータを表しかつ/または

各駆動ユニット(23)が、電動モータ(27)の速度および/または電動モータとピニオンギヤ(13)との間に設けられた伝動装置(31)の速度を制御するための周波数変換器(39)を有しており、駆動ユニット(23)のフィードバック信号が、それぞれの周波数変換器(39)および/またはそれぞれの伝動装置(31)の少なくとも1つの運転パラメータを表している、請求項12から14までのいずれか1項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、風車ヨー・システムであって、ヨー・ギヤと、少なくとも2つのピニオンギヤと、少なくとも2つの駆動ユニットとが設けられており、各駆動ユニットが、それぞれのピニオンギヤを駆動するために、ピニオンギヤの1つに関連しており、さらに、制御システムが設けられており、該制御システムが、それぞれの駆動ユニットのための少なくとも1つの所望の運転パラメータ値を含む駆動ユニット基準信号に従ってそれぞれの駆動ユニットを制御するために、駆動ユニット制御信号を各駆動ユニットのために発生させる制御器を有しており、これにより、それぞれの駆動ユニットにおいて少なくとも1つの所望

10

20

30

40

50

の運転パラメータ値が実現されるようになってきている形式のものに関する。さらに本発明は、このような風車ヨー・システムの制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

風車ヨー・システムは、ナセルと、風車のタワーとの間に配置されており、風車のロータを、タワー軸線を中心として回転させるために役立つ。風車ヨー・システムは、典型的には、タワーに固定されたリングギヤと、ナセルに固定された、モータ駆動式の少なくとも2つのピニオンギヤとを備えたギヤ・アセンブリを有している。通常、モータ駆動式の少なくとも2つのピニオンギヤは、リングギヤにわたるより均一な負荷分散を実現するために存在している。風車ヨー・システムのための一例は、国際公開第2008/053017号に記載されている。風車のロータ軸線が風向と整合していない場合、ヨー・システムは、リングギヤに噛み合うピニオンギヤの駆動によってロータ軸線を風向に整合させるようにナセルを回転させる。

10

【0003】

既に述べたように、典型的には、少なくとも2つの駆動ユニットと、リングギヤに噛み合うピニオンギヤとが使用される。しかしながら、このような構成は、機械的に接続されるモータを意味する。機械的に接続されたモータは、それぞれ異なるサイズのモータが使用された場合だけでなく、僅かに異なる特性を有する同じサイズのモータが使用された場合にも、複数のロータが受けるそれぞれ異なる負荷のような、負荷分担の問題につながり得る。低負荷時の小さな負担は通常問題ではないが、高負荷または全負荷時には、より小さな滑りを有する駆動モータが、より大きな滑りを有する駆動モータよりも負荷の負担が大きい。このことは、駆動モータおよび伝動装置に設けられた機械的な構成要素の不均一な裂傷および摩耗を引き起こす。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2008/053017号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

したがって、本発明の課題は、ヨー・システム内の駆動ユニットにわたってより均一に負荷を分散すること可能にする風車ヨー・システムを提供することである。別の課題は、有利な風車を提供することである。本発明のさらに別の課題は、ヨー・システム内の駆動ユニットにわたってより均一な負荷分散を可能にする風車ヨー・システムにおいて駆動ユニットを制御する方法を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するための本発明の請求項1に記載の構成では、風車ヨー・システムであって、ヨー・ギヤと、少なくとも2つのピニオンギヤと、少なくとも2つの駆動ユニットとが設けられており、各駆動ユニットが、それぞれのピニオンギヤを駆動するために、ピニオンギヤの1つに関連しており、さらに、制御システムが設けられており、該制御システムが、それぞれの駆動ユニットのための少なくとも1つの所望の運転パラメータ値を含む駆動ユニット基準信号に従ってそれぞれの駆動ユニットを制御するために、駆動ユニット制御信号を各駆動ユニットのために発生させる制御器を有しており、これにより、それぞれの駆動ユニットにおいて少なくとも1つの所望の運転パラメータ値が実現されるようになってきている形式のものにおいて、前記制御システムが、各駆動ユニットのために少なくとも1つのフィードバックループを有しており、該フィードバックループが、少なくともそれぞれの駆動ユニットの1つの運転パラメータの実際の値を含む少なくとも1つの駆動ユニットフィードバック信号を制御器にフィードバックし、制御器が、基準信号と、フィードバック信号とに基づいて駆動ユニット制御信号を発生させるようになっていよう

40

50

にした。

【0007】

上記課題を解決するための本発明による風車では、本発明による風車ヨー・システムを有しているようにした。

【0008】

記課題を解決するための本発明による風車ヨー・システムを制御する方法では、ヨー・ギヤと、少なくとも2つのピニオンギヤと、少なくとも2つの駆動ユニットとを備えた風車ヨー・システムであって、各駆動ユニットが、それぞれピニオンギヤを駆動するために、ピニオンギヤの1つに関連している形式の風車ヨー・システムを制御する方法であって、各駆動ユニットを、それぞれの駆動ユニットのための少なくとも1つの所望の運転パラメータ値を含む駆動ユニット基準信号に従って制御し、これにより、それぞれの駆動ユニットの少なくとも1つの所望の運転パラメータ値を実現するようになっている方法において、少なくとも各駆動ユニットの1つの運転パラメータの実際の値を、フィードバック信号を用いて制御器にフィードバックし、制御器が、各基準信号とフィードバック信号とに基づいて、駆動ユニットのための駆動ユニット制御信号を発生させるようにした。

10

【0009】

本発明の有利な変化形は請求項2以下に記載されている。

【発明の効果】

【0010】

本発明による風車ヨー・システムは、ヨー・ギヤと、少なくとも2つのピニオンギヤと、少なくとも2つの駆動ユニットと、制御器を備える制御システムとを有しており、各駆動ユニットが、それぞれのピニオンギヤを駆動するために、ピニオンギヤの1つと関連している。制御器は、それぞれの駆動ユニットのための少なくとも1つの所望の運転パラメータ値を含む駆動ユニット基準信号に従ってそれぞれの駆動ユニットを制御するために、各駆動ユニットのために駆動ユニット制御信号を発生させるために構成されており、これによって、それぞれの駆動ユニットで少なくとも1つの所望の運転パラメータを実現するようになっている。さらに、制御システムは、各駆動ユニットのために少なくとも1つのフィードバックループを有しており、フィードバックループは、少なくともそれぞれの駆動ユニットの1つの運転パラメータの実際の値を含む少なくとも1つの駆動ユニットフィードバック信号を制御器にフィードバックする。制御器は、基準信号と、フィードバック信号とに基づいた駆動ユニット制御信号を発生させるようになっている。

20

30

【0011】

フィードバックループを使用することによって、個別の駆動ユニットが受ける負荷の差を最小にするように、駆動ユニットを制御することが可能となる。この手段によって、機械的な裂傷及び摩耗は、駆動ユニットの機械的かつ/または電氣的な構成要素の間で均等に割り当てられて、このことは、延長された構成要素寿命と、延長された使用期間とを保証する。

【0012】

特に、各駆動ユニットは、それぞれの駆動ユニットが形成するトルクを検出する少なくとも1つのトルクセンサを有している。トルクセンサは、機械的または電磁的なトルクセンサであってよい。この場合、各フィードバック信号は、少なくともそれぞれのトルクセンサの出力を表すことができる。

40

【0013】

各駆動ユニットが、電動モータを有していると有利である。したがって、各フィードバック信号は、特に、それぞれの電動モータの少なくとも1つの運転パラメータを表すことができる。たとえば、電動モータが受ける負荷は、フィードバック信号の運転パラメータとして使用され得る。さらに、電動モータが受ける負荷は、それぞれのモータにより消費される電流によって表されてよい。この電流は、モータが受ける負荷を示しており、したがって、モータが受ける負荷を表す運転パラメータとしてフィードバック信号で使用することができる。

50

【0014】

さらに、各駆動ユニットは、電動モータとピニオンギヤとの間に伝動装置（gear）を有している。この場合、各フィードバック信号は、伝動装置の少なくとも1つの運転パラメータを表すことができる。たとえば、既に言及されたトルクセンサのようなトルクセンサは、上記伝動装置の高速側および/または伝動装置の低速側に配置されていてよい。したがって、この伝動装置の運転パラメータは、それぞれ、伝動装置が受けるトルクまたは伝動装置が形成したトルクであってよい。さらに択一的には、トルクセンサは伝動装置自体に配置されていてよい。

【0015】

さらに、各駆動ユニットが、モータとピニオンギヤとを接続するシャフトの回転位置、またはモータとピニオンギヤとの間に伝動装置が存在する場合には、モータと伝動装置を接続するシャフトまたは伝動装置とピニオンギヤとを接続するシャフトの回転位置をエンコーディングする位置エンコーダを有していてよい。さらに択一的には、位置エンコーダは、ギヤのギヤホイールに配置されていてよい。このような位置エンコーダが存在している場合、フィードバック信号は、少なくともそれぞれの位置エンコーダの出力を表すことができ、位置エンコーダの出力は、適当に計算された場合、ピニオンギヤに作用する負荷を表すことができる。

10

【0016】

さらに、各駆動ユニットは、モータの速度を制御するために、制御器とモータとの間に周波数変換器を有していてよい。この場合、各フィードバック信号は、それぞれの周波数変換器の少なくとも1つの運転パラメータを表すことができる。

20

【0017】

本発明による風車は、本発明による風車ヨー・システムを有している。このような風車では、ヨー・システムの寿命を延長することができ、本発明によるヨー・システムの使用により使用期間を延長することもできる。

【0018】

本発明の別の観点によれば、風車ヨー・システムであって、ヨー・ギヤと、少なくとも2つのピニオンギヤと、少なくとも2つの駆動ユニットを備えた風車ヨー・システムであって、各駆動ユニットが、それぞれのピニオンギヤを駆動するためにピニオンギヤの1つに関連している形式の風車ヨー・システムを制御する方法が提供される。本発明による方法では、各駆動ユニットを、それぞれの駆動ユニットのための少なくとも1つの運転パラメータ値を含む駆動ユニット基準信号により制御し、これにより、それぞれの駆動ユニットの少なくとも1つの所望の運転パラメータ値を実現するようにする。少なくとも各駆動ユニットの1つの運転パラメータの実際の値を、フィードバック信号により制御器にフィードバックする。制御器は、基準信号と各フィードバック信号とに基づいて、駆動ユニットのための駆動ユニット制御信号を発生させる。

30

【0019】

駆動ユニットからのフィードバック信号を使用することにより、個別の駆動ユニット間の負荷の差を最小にするように駆動ユニットを制御することが可能となる。この手段により、個別の駆動ユニットの裂傷および摩耗の差を減じることができ、このことは、ヨー・システムの寿命を延長し、使用期間を延長することを可能にする。

40

【0020】

特に、駆動ユニット制御信号を、基準信号と、それぞれのフィードバック信号に含まれる運転パラメータ値の間の差とに基づいて発生させることができる。しかし、基準信号の少なくとも1つの運転パラメータ値と、それぞれの駆動ユニット制御信号により制御されるべき駆動ユニットのフィードバック信号の少なくとも1つの運転パラメータ値との差に基づいて、各駆動ユニット制御信号を発生させることも可能である。

【0021】

各駆動ユニットが、電動モータを有している場合、駆動ユニットのフィードバック信号は、各電動モータの少なくとも1つの運転パラメータ、たとえばモータが受ける負荷を示

50

す、モータによって消費される電流を表すことができる。

【0022】

さらに、各駆動ユニットが、電動モータの速度および/または電動モータとピニオンギヤとの間の伝動装置の速度を制御するための周波数変換器を有している場合、駆動ユニットのフィードバック信号は、それぞれの周波数変換器および/またはそれぞれの伝動装置の少なくとも1つの運転パラメータを表すことができる。たとえば、上述の運転パラメータは、伝動装置に結合されたシャフトが形成するトルクまたは受けるトルク、周波数変換器の出力、伝動装置の回転位置等であってよい。

【0023】

本発明の別の特徴、詳細および利点は、添付の図面に関連する以下の実施形態の説明において明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】風車の概略図である。

【図2】図1に示した風車のヨー・システムのリングピアおよびピニオンギヤの概略図である。

【図3】電動モータの典型的なモータ特性図である。

【図4】風車ヨー・システム制御システムの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

図1には典型的な風車が示されている。風車1は、地面3内の基礎に設置されたタワー1を有している。タワー1の頂部には、ナセル5が配置されている。ナセル5は、風によって駆動されるロータ7を支持している。典型的には、ロータは3つのロータブレード9を有している。これらのロータブレード9は、120°の角度を置いて配置されている。3つより多いまたは少ない数のロータブレードを有する別のロータ設計も可能であり、たとえば、2つのブレードを有するロータ、または1つのブレードしか有しないロータが可能である。しかしながら、2つのブレードを有するロータ、特に3つのブレードを有するロータが最も一般的に使用されている。

【0026】

ヨー駆動装置10は、ナセル5がタワー軸線Aを中心として回転されて、これによりロータ軸線Bを風向Dに整合させ、かつこのロータ軸線Bを風向Dに整合させたままにするために、ナセル5とタワー1との間に配置されている。典型的なヨー駆動装置10が、図2に平面図で概略的に示されている。このヨー駆動装置10は、典型的にはタワー頂部に配置されたリングギヤ11と、ナセル5に配置された複数のピニオンギヤ13とを有しており、このピニオンギヤ13はリングギヤ11に噛み合う。ピニオンギヤ13は、電動モータにより駆動されてよく、これにより、ピニオンギヤ13の回転によって、タワー軸線Aを中心としたナセル5の回転が実施され得る。リングギヤは典型的にはタワー1に配置されていて、ピニオンギヤ13は典型的にはナセル5に配置されているが、ピニオンギヤ13をタワー1に配置し、リングギヤ11をナセル5に配置することも可能であることに留意されたい。

【0027】

風車ヨー駆動装置で使用されるギヤ・アセンブリの概略的な平面図が図2に示されている。図2は、リングギヤ11と、2つのピニオンギヤ13とを示している。2つのピニオンギヤ13を使用することは必須ではない。実際には、ピニオンギヤ13の個数は、2つよりも多くてよく、たとえば3つ、4つまたはさらに多くのピニオンギヤがあってもよい。ピニオンギヤの個数が多いと、リングギヤにおけるより均等な負荷分担がもたらされる。

【0028】

既に述べたように、ピニオンギヤ13は、典型的には電動モータ、すなわち誘導モータにより駆動されている。誘導モータは、典型的には基本的な2つの電気的アセンブリ、

10

20

30

40

50

つまり巻線固定子および回転子アッセンブリから成っている。交流電流、特に2相電流または3相電流を固定子の巻線に供給すると、固定子は、回転子に作用する回転磁界を形成する。回転子は、当該回転子の導体中に電流を誘導する回転磁界によって、回転する。

【0029】

回転子に負荷がかけられていない場合、回転子は、磁界と同じ回転数で回転する、すなわち、回転子は、モータのいわゆる同期速度で回転する。この同期速度は、固定子の極の数と、電源の周波数とによって以下の式により規定されている。すなわち、

$$N_s = 120 \cdot f / P$$

ここで、 N_s は同期速度であり、 f は電源の周波数であり、 P は極数である。

【0030】

同期速度、すなわちロータ速度と回転する磁界の速度と間で差がない速度は、可能なモータ速度の上限である。モータが同期速度で回転している場合、回転子には電圧が誘導されず、その結果、トルクは生じない。他方で、回転子に負荷がかけられると、モータ速度が減速するので、磁界の速度と回転子の速度との間で差が生じる。回転子の速度と磁界の速度との差は、滑りもしくはスリップと呼ばれ、以下のように計算される。すなわち、

$$s = 100 \cdot (N_s - N_a) / N_s$$

ここで、 s は滑りであり、 N_s は同期速度であり、 N_a はモータの実速度である。

【0031】

滑りが発生すると、電圧がロータ内に誘導され、したがってトルクが生じる。

【0032】

誘導モータの設計に応じて、実速度と、形成されたトルクとの関係は、図3に概略的に示されているように種々異なる特性をもつ。図3は、互いに異なる種類の3つのモータA、BおよびCにより形成されたトルクをモータ速度の関数として示している。いわゆるロー・スリップ (low-slip) 型モータと見なされ得るモータAおよびBは、回転子速度の広い範囲にわたって一定のまたは増大するトルクを示している。他方で、いわゆるハイ・スリップ (high-slip) 型モータは、速度範囲の全範囲または少なくとも主要な部分にわたって、モータ速度が増速するとともに減少するトルクを示している。

【0033】

ピニオンギヤを駆動するために使用されるモータが、たとえば製造工程中の公差による僅かに異なる特性を有している場合にも、負荷分担の問題は起こり得る。

【0034】

誘導モータの速度は、しばしば、周波数制御器の使用によってモータに供給される電流の周波数を制御することによって制御される。さらに、モータの回転数を減じて所望の低いレベルにするために、電動モータとピニオンギヤとの間に伝動装置 (gear) が存在している。

【0035】

本発明による風車ヨー・システムは、駆動ユニットにより形成されるトルクを制御するための制御システムを有している。駆動ユニットはそれぞれ、本実施形態において、上述のように電動モータと、適当な周波数を有する電流をモータに供給することによりモータ速度を制御するための周波数制御器と、モータの回転速度を減じてピニオンギヤの低い回転速度を形成する伝動装置とを有している。

【0036】

制御システムを備えるヨー・システムの概略図が、図4に示されている。図4は、図2に示したIV-IV線に沿った断面図を示していて、リングギヤ11と、2つのピニオンギヤ13と、2つの駆動ユニット23とを示している。各駆動ユニット23は、ピニオンギヤ13の1つを駆動し、かつ共通の制御器25によって制御されている。

【0037】

各駆動ユニット23は、駆動ユニットの駆動トルクを形成するための電動モータ27を有している。電動モータ27は、第1のシャフト29を介して、回転子の回転速度を減じるための伝動装置31の高速側に連結されている。伝動装置31の低速側は、第2のシャ

10

20

30

40

50

フト 3 3 を介してピニオンギヤ 1 3 に接続されている。さらに、各駆動ユニット 2 3 は、位置エンコーダ 3 5 を有している。この位置エンコーダ 3 5 は、本実施形態では、駆動ユニット 2 3 の第 2 のシャフト 3 3 に配置されている、すなわち伝動装置 3 1 の低速側に配置されている。しかし、位置エンコーダ 3 5 は、同じように第 1 のシャフトに、すなわち伝動装置 3 1 の高速側に配置されているか、または伝動装置 3 1 のギヤホイールに配置されてもよい。位置エンコーダは、電氣的、磁氣的または光学的に働くことができる。付加的に、各駆動ユニット 2 3 は、トルクセンサ 3 7 を有している。このトルクセンサ 3 7 は、本実施形態では、駆動ユニット 2 3 の第 1 のシャフト 2 9 に配置されている、つまり、伝動装置 3 1 の高速側に配置されている。エンコーダ 3 5 の位置と同様に、トルクセンサも択一的な位置に配置されてもよく、つまり第 2 のシャフト 3 3、すなわち伝動装置 3 1 の低速側、または伝動装置 3 1 自体に配置されてよい。トルクセンサ 3 7 は、機械的なトルクセンサであっても磁氣的なトルクセンサであってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

各駆動ユニット 2 3 は、制御器 2 5 により、この制御器 2 5 から制御信号を受け取る周波数変換器 3 9 を用いて回転子の回転速度を制御することによって制御されている。制御信号は、電動モータ 2 7 に特定の周波数を有する交流電流を供給することを可能にし、これによって、ピニオンギヤ 1 3 の所望の回転速度を達成する。周波数変換器 3 9 に作用するための制御信号は、制御器 2 5 によって、基準信号入力部 4 1 を介した基準信号入力に基づいて規定されている。この基準信号は、モータ 2 7 のための所望の回転速度値および/またはモータまたはピニオンギヤ 1 3 のための所望のトルク値を有している。制御器 2 5 による、駆動ユニット 2 3 の周波数変換器 3 9 への制御信号出力は、基準信号に基づくことに対して付加的に、駆動ユニット 2 3 から得られるフィードバック信号にも基づいている。このフィードバック信号は、それぞれの駆動ユニット 2 3 の少なくとも 1 つの運転パラメータの実際の値を表している。

【 0 0 3 9 】

たとえば、制御器 2 5 により生ぜしめられた制御信号および周波数変換器 3 9 への出力は、それぞれの駆動ユニット 2 3 のフィードバック信号に含まれる運転パラメータ値と、基準信号に含まれる所望の運転パラメータ値との差から導かれ得る。この手段により、各モータ 2 7 および/またはピニオンギヤ 1 3 の所望の運転パラメータ値が達成され、かつ維持されることが確実にされ得る。たとえば、各ピニオンギヤ 1 3 により形成されたトルクを、それぞれのピニオンギヤ 1 3 のために所望されるトルクレベルで一定に維持することが可能となる。

【 0 0 4 0 】

択一的には、互いに異なる駆動ユニット 2 3 から生じたフィードバック信号に含まれる運転パラメータ値の間の差を求めることも可能である。したがって、周波数変換器 3 9 に伝達される制御信号は、2 つの駆動ユニット 2 3 のフィードバック信号に含まれる運転パラメータ値の差が有利にはゼロにまで減じられ得るように選択されてよい。運転パラメータが、たとえば、リングギヤ 1 1 に作用するピニオンギヤ 1 3 によるトルクである場合、2 つのピニオンギヤ 1 3 により提供されるトルクの差をゼロにまで減じることは、各ピニオンギヤ 1 3 が同じトルクでリングギヤ 1 1 に作用することを意味する。

【 0 0 4 1 】

各ピニオンギヤ 1 3 の実際の負荷を示す運転パラメータとして、フィードバック信号に含まれるトルクが例示的に言及されているが、別の運転パラメータがフィードバック信号の運転パラメータとして使用されてもよい。

【 0 0 4 2 】

図 4 は、ヨー駆動装置を制御するため、特に駆動ユニット 2 3 を制御するために使用され得るそれぞれ異なる種類のフィードバック信号を示している。既に述べたように、各駆動ユニット 2 3 は、位置エンコーダ 3 5 を有している。位置エンコーダ 3 5 は、伝動装置の高速側、低速側、または伝動装置自体に装備されている。初期キャリブレーション後に、位置エンコーダは、それぞれのシャフトまたはギヤホイールの正確な角度位置を規定す

ることができる。このことは、ギヤリング 1 1 へのピニオンギヤ 1 3 の固定のレベルを示し、ピニオンギヤ 1 3 とリングギヤ 1 1 との間で作用する負荷荷重を示す。

【 0 0 4 3 】

さらに、伝動装置の高速側、伝動装置の低速側、または伝動装置自体に装備され得るトルクセンサも、それぞれのピニオンギヤ 1 3 とギヤリング 1 1 との間で作用する負荷の測定を提供する。

【 0 0 4 4 】

さらに、駆動ユニットの、それぞれのピニオンギヤとリングギヤ 1 1 との間で作用する実際の負荷の指標として使用され得る運転パラメータは、モータ 2 7 により消費される電流である。したがって、モータにより消費される電流も、フィードバック信号のための適

10

【 0 0 4 5 】

さらに、適当な運転パラメータは、モータ 2 7 の回転子の回転周波数であってよい。

【 0 0 4 6 】

要約すると、適当なフィードバック信号は、伝動装置 3 1 またはシャフト 2 9 , 3 3 の一つから生じた運転パラメータ、電動モータ 2 7 から生じた運転パラメータおよび周波数変換器 3 9 から生じた運転パラメータを含んでいてよい。さらに、1 つのフィードバック信号を使用するだけでなく、それぞれ異なる運転パラメータの値を含む複数のフィードバック信号を使用することも可能である。付加的にまたは択一的に、運転パラメータの複数の値は、1 つのフィードバック信号内で組み合わせることができる。

20

【 0 0 4 7 】

例示的な実施形態と併せて説明された本発明では、ヨー・システムの駆動ユニットの負荷分担が確実にされる。このことは、基準信号だけではなく、各駆動ユニットからの少なくとも 1 つのフィードバック信号に関する閉ループ制御システムを使用することにより達成される。このような制御システムでは、要求されたヨー・タスクを実施するために必要とされる機械的な作業が、各駆動ユニットに、実質的に等しい負荷で均等に分散されることが保証される。このことは、機械的な裂傷および摩耗が、駆動ユニットの機械的かつ/または電氣的な構成要素の間で均等に分担されるという利点を提供する。

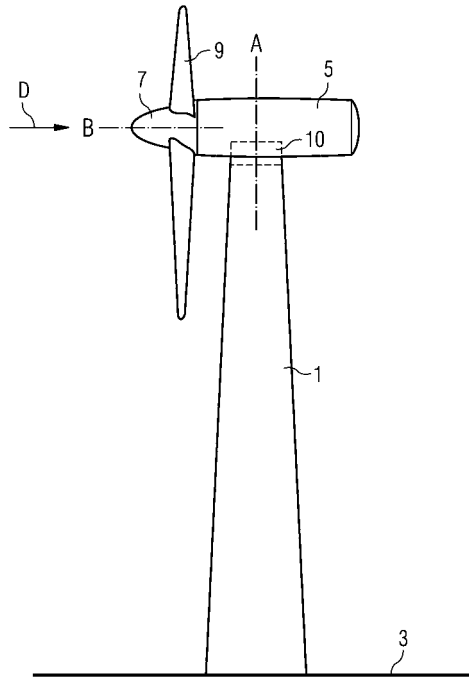
【 符号の説明 】

【 0 0 4 8 】

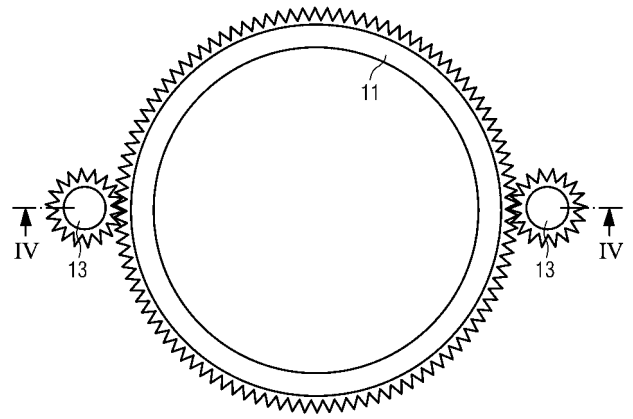
- 1 1 ヨー・ギヤ
- 1 3 ピニオンギヤ
- 2 3 駆動ユニット
- 2 5 制御器

30

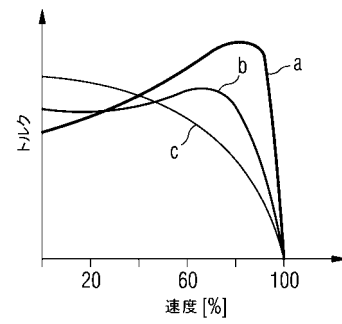
【 図 1 】



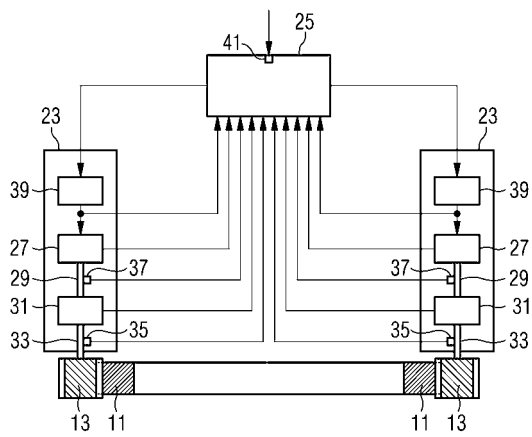
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100112793
弁理士 高橋 佳大
- (74)代理人 100114292
弁理士 来間 清志
- (74)代理人 100128679
弁理士 星 公弘
- (74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康
- (74)代理人 100156812
弁理士 篠 良一
- (74)代理人 100114890
弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト
- (72)発明者 クアト アナスン
デンマーク国 ヴォーバセ クヌアボーヴェイ 1
- Fターム(参考) 3H078 AA02 BB12 CC53 CC76

【外国語明細書】

Title of Invention

Wind turbine yaw system and method of controlling the same

Detailed Explanation of the Invention

The present invention relates to a wind turbine yaw system with a yaw gear, at least two pinion gears and at least two drive units where each drive unit is associated to one of the pinion gears. In addition, the invention relates to a control method for such a wind turbine yaw system.

A wind turbine yaw system is located between the nacelle and the tower of a wind turbine and serves for rotating the rotor of the wind turbine about the tower axis. It typically comprises a gear assembly with a ring gear fixed to the tower and at least one motor driven pinion gear fixed to the nacelle. Usually, at least two motor driven pinion gears are present for realizing a more even load distribution over the ring gear. An example for a wind turbine yaw system is described in WO 2008/053017 A2. When the rotor axis of the wind turbine is not in alignment with the wind direction the yaw system rotates the nacelle such as to bring the rotor axis into alignment with the wind direction by driving the pinion gears which mesh with the ring gear.

As already mentioned, typically at least two drive units and pinion gears meshing with the ring gear are used. However, such a configuration represents mechanically connected motors which can lead to load sharing issues like different loads experienced by the motors not only when motors of different sizes are used but also when motors of the same size are used which have slightly different characteristics. Although at low load the load sharing is usually not an issue, at high or full load the driving motor with lower slip takes a higher share of the load than the motor with a higher slip. This in turn induces unequal tear and wear of the mechanical components of the drive motors and the transmissions.

It is therefore an objective of the present invention to provide a wind turbine yaw system which allows for more evenly distributing the loads over drive units in a yaw system. It is a further objective to provide an advantageous wind turbine. It is a still further objective of the present invention to provide a method for controlling the drive units in a yaw system which allows to more evenly distribute the loads over the drive units.

These objectives are solved by a wind turbine yaw system according to claim 1, by a wind turbine according to claim 11 and a method of controlling a wind turbine yaw system according to claim 12, respectively. The depending claims contain further developments of the invention.

An inventive wind turbine yaw system comprises a yaw gear, at least two pinion gears, at least two drive units where each drive unit is associated to one of the pinion gears for driving the respective pinion gear, and a control system with a controller. The controller is configured for generating for each drive unit a drive unit control signal for controlling the respective drive unit according to a drive unit reference signal comprising at least one desired operational parameter value for the respective drive unit so as to realise the at least one desired operational parameter value in the respective drive unit. The control system further comprises at least one feedback loop for each drive unit which feedback loop feeds at least one drive unit feedback signal comprising at least the actual value of one operational parameter of the respective drive unit back to the controller. The controller is adapted to generate the drive unit control signals based on the reference signal and the feedback signals.

Using the feedback loops allows to control the drive units so as to minimize the difference between the loads experienced by the individual drive units. By this measure, the mechanical tear and wear may be equally shared between the mechanical and/or electrical components of the drive units which, in

turn, ensures a prolonged component lifetime and a prolonged service interval.

In particular, each drive unit may comprise at least one torque sensor sensing a torque the respective drive unit yields. The torque sensor may either be a mechanical or an electromagnetically torque sensor. In this case, each feedback signal may represent at least the output of the respective torque sensor.

Preferably, each drive unit comprises an electric motor. Then each feedback signal may, in particular, represent at least one operational parameter of the respective electric motor. For example the load experienced by an electric motor may be used as operational parameter in the feedback signal. Moreover, as the load experienced by an electric motor can be represented by the current consumed by the respective motor this current is indicative of the load experience by the motor, and can, therefore, be used an operational parameter representing the load experienced by the motor in the feedback signal.

In addition, each drive unit may comprise a gear between the electric motor and the pinion gear. In this case, each feedback signal may represent at least one operational parameter of the gear. For example, a torque sensor like the already mentioned torque sensor may be located at the high speed side of the gear and/or at the low speed side of the gear. Then, the operational parameter of the gear would be the torque experienced by the gear or yielded by the gear, respectively. As a further alternative, a torque sensor could be located in the gear itself.

Still further, each drive unit may comprise a position encoder encoding the rotational position of a shaft connecting the motor and the pinion gear or, if a gear is present between the motor and the pinion gear, the motor and the gear or the gear and the pinion gear. As a further alternative,

the position encoder could be located at a gear wheel of the gear. If such a position encoder is present, the feedback signal may represent at least the output of the respective position encoder which can represent, if suitably calibrated, the load acting on the pinion gear.

Still further, each drive unit may comprise a frequency converter between the controller and the motor for controlling the speed of the motor. In this case, each feedback signal may represent at least one operational parameter of the respective frequency converter.

An inventive wind turbine comprises an inventive wind turbine yaw system. In such a wind turbine the lifetime of the yaw system can be prolonged as can the service intervals through the use of the inventive yaw system.

According to a further aspect of the invention, a method of controlling a wind turbine yaw system with a yaw gear, at least two pinion gears and at least two drive units, where each drive unit is associated to one of the pinion gears for driving the respective pinion gear is provided. In the inventive method, each drive unit is controlled according to a drive unit reference signal comprising at least one desired operational parameter value for the respective drive unit so as to realise the at least one desired operational parameter value in the respective drive unit. At least the actual value of one operational parameter of each drive unit is fed back to the controller by means of a feedback signal. The controller generates the drive unit control signals for the drive units based on the reference signal and the respective feedback signals.

Using the feedback signals from the drive units allows for controlling the drive units such as to minimize load differences between the individual drive units. By this measure differences in tear and wear of the individual drive units can be reduced which in turn allows for prolonging the life-

time of the yaw system and for prolonging the service intervals.

In particular, the drive unit control signals may be generated based on the reference signal and differences between the operational parameter values contained in the respective feedback signals. However, it is also possible to generate each drive unit control signal based on the difference between the at least one operational parameter value of the reference signal and the at least one operational parameter value of the feedback signal of the drive unit to be controlled by the respective drive unit control signal.

If each drive unit comprises an electric motor the feedback signal of a drive unit may represent at least one operational parameter of the respective motor, e.g. the current consumed by the motor which is indicative of the load experienced by the motor.

Furthermore, if each drive unit comprises a frequency converter for controlling the speed of the electric motor and/or a gear between the electric motor and the pinion gear the feedback signal of a drive unit may represent at least one operational parameter of the respective frequency converter and/or the respective gear. For example, the mentioned operational parameter may be the torque that a shaft connected to the gear yields or experiences, an output of the frequency converter, the rotational position of the gear, etc.

Further features, properties and advantages of the present invention will become clear from the following description of embodiments in conjunction with the accompanying drawings.

Brief Explanation of the Drawings

Figure 1 schematically shows a wind turbine.

Figure 2 schematically shows the ring gear and a other pinion gears of the yaw system of the wind turbine shown in Figure 1.

Figure 3 shows typical motor characteristics of electric motors.

Figure 4 schematically shows a control system of the wind turbine yaw system.

A typically wind turbine is shown in Figure 1. The wind turbine 1 comprises a tower 1 which rests on a fundament in the ground 3. At the top of the tower 1, a nacelle 5 is located which carries a rotor 7 driven by the wind. Typically the rotor comprises three rotor blades 9 arranged in angles of 120° . Other rotor designs with more or less than three rotor blades are possible, for example two bladed rotors or even one bladed rotors. However, two bladed rotors and, in particular, three bladed rotors are most commonly used.

A yaw drive 10 is arranged between the nacelle 5 and the tower 1 for allowing the nacelle 5 to be rotated about a tower axis A so as to bring the rotor axis B into alignment with the wind direction D and keep the rotor axis B aligned with the wind direction D. A typical yaw drive 10 is schematically shown in Figure 2 in a plan view. It comprises a ring gear 11 which is typically located at the tower top and a number of pinion gears 13 located at the nacelle 5 which mesh with the ring gear 11. The pinion gears 13 can be driven by electric motors so that by rotating the pinion gear 13 a rotation of the nacelle 5 about the tower axis A can be effected. Note that although the ring gear is typically located at tower 1 and the pinion gears 13 are typically located at the nacelle 5 it would also be possible to locate the pinion gears 13 at the tower 1 and the ring gear 11 at the nacelle 5.

A schematic plan view of a gear assembly used in a wind turbine yaw drive is shown in Figure 2. The Figure shows the ring gear 11 and two pinion gears 13. Note that it is not mandatory to use two pinion gears 13. In fact, the number of

pinion gears 13 can be more than two, for example three or four or even more pinion gears. A higher number of pinion gears leads to a more even load distribution at the ring gear.

As already mentioned, the pinion gears 13 are typically driven by electric motors, i.e. induction motors, which typically consist of two basic electric assemblies, namely a wound stator and a rotor assembly. When supplying an AC current, in particular a two or three phase current, to the windings of the stator this produces a rotating magnetic field acting on the rotor. The rotor turns due to the rotating magnetic field which induces a current in the conductors of the rotor.

When no load is applied to the rotor the rotor rotates with the same rotational frequency as the magnetic field, i.e. the rotor rotates with the so called synchronous speed of the motor. This synchronous speed is determined by the number of poles in the stator and the frequency of the power supply according to the formula:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P}, \text{ where}$$

N_s is the synchronous speed

f is the frequency of the power supply and

P is the number of poles.

The synchronous speed, i.e. the speed where there is no difference between the rotor speed and the speed of the rotating magnetic field, is the upper limit of the possible motor speed. When the motor rotates with the synchronous speed no voltage is induced in the rotor and, as a consequence, no torque is developed therefore. On the other hand, when a load is applied to the rotor the motor speed slows down so that a difference develops between the speed of the magnetic field and the rotor speed. This difference between the rotor speed

and the speed of the magnetic field is called the slip and is calculated as

$$s = \frac{100 \cdot (N_s - N_a)}{N_s}, \text{ where}$$

s is the slip

N_s is the synchronous speed

N_a is the actual speed of the motor.

When a slip occurs, a voltage is induced in the rotor and, hence, torque is developed.

Depending on the design of the induction motor the relation between the actual speed and the generated torque takes various characteristics as it is schematically illustrated in Figure 3. The Figure shows the torque developed by three different kinds of motors A, B and C as a function of the motor speed. The motors A and B, which may be regarded as so called "low-slip" motors show a constant or increasing torque over a wide range of rotor speeds. On the other hand, so called "high-slip" motors show a decreasing torque with increasing motor speed over the whole range or at least a substantial part of the speed range.

If the motors used to drive the pinion gears have even slightly different characteristics, e.g. due to tolerances in the production process, load sharing issues may arise.

The speed of an induction motor is often controlled by controlling the frequency of the current supplied to the motor by use of a frequency controller. Furthermore, a gear may be present between the electric motor and the pinion gear in order to scale down the revolutions of the motor to a desired lower level.

The inventive wind turbine yaw system comprises a control system for controlling the torque developed by the drive unit

which, in the present embodiment, each comprise an electric motor as described above, a frequency controller for controlling the motor speed by supplying a current with a suitable frequency to the motor and a gear for scaling down the rotational speed of the motor to a lower rotational speed of the pinion gear.

A schematical illustration of the yaw system with the control system is shown in Figure 4. This Figure represents a sectional view along the line IV-IV in Figure 2 and shows the ring gear 11 and the two pinions gears 13 as well as two drive units 23. Each drive unit 23 drives one of the pinion gears 13 and is controlled by a common controller 25.

Each drive unit 23 comprises an electric motor 27 for generating the driving torque of the drive unit. The electric motor 27 is coupled via a first shaft 29 to the high speed side of a gear 31 for scaling down the rotational speed of the rotor. The low speed side of the gear 31 is connected via a second shaft 33 to the pinion gear 13. Furthermore, each drive unit 23 comprises a position encoder 35 which is, in the present embodiment, located at the second shaft 33 of the drive unit 23, i.e. at the low speed side of the gear 33. However, the position encoder 35 may as well be located at the first shaft 29, i.e. at the high speed side of the gear 31, or at a gear wheel of the gear 31. The position encoder may work on an electrical, a magnetical or an optical basis. In addition, each drive unit 23 comprises a torque sensor 37 which is, in the present embodiment, located at the first shaft 29 of the drive unit 23, i.e. at the high speed side of the gear 31. Like the position encoder 35 the torque sensor may be located in alternative positions, e.g. at the second shaft 33, i.e. at the low speed side of the gear 31, or in the gear 31 itself. The torque sensor 37 may either be a mechanical torque sensor or a magnetic torque sensor.

Each drive unit 23 is controlled by the controller 25 through controlling the rotational speed of the rotor by means of a

frequency converter 39 receiving control signals from the controller 25. The control signals allow for providing the electric motor 27 with a alternating current having a specific frequency so as to achieve a desired rotational speed of the pinion gear 13. The control signal for acting on the frequency converter 39 is determined by the controller 25 on the basis of a reference signal input through a reference signal input 41. The reference signal comprises a desired rotational speed value for the motors 27 and/or a desired torque value for the motors or pinion gears 13. In addition to being based on the reference signal the control signal output by the controller 25 to the frequency converters 39 of the drive units 23 is also based on feedback signals derived from the drive units 23 which represent the actual value of at least one operational parameter of the respective drive unit 23.

For example, a control signal generated by the controller 25 and output to a frequency converter 39 may be derived by the difference of an operational parameter value contained in the feedback signal of the respective drive unit 23 from the desired operational parameter value which is contained in the reference signal. By this measure, it can be assured that a desired operational parameter value of each motor 27 and/or pinion gear 13 can be reached and kept. For example, it becomes possible to keep the torque developed by each pinion gear 13 constant at the torque level which is desired for the respective pinion gear 13.

Alternatively, it would be possible to form the difference between the operational parameter values contained in the feedback signals derived from the different drive units 23. Then, the control signals delivered to the frequency converters 39 would be chosen such that the difference in the operational parameter values contained in the feedback signals of the two drive units 23 would be reduced preferably to zero. If the operational parameter would, for example, be the torque by which the pinion gears 13 act on the ring gear 11,

reducing the difference between the torques provided by the two pinion gears to zero would mean that each pinion gear 13 is acting with a same torque on the ring gear 11.

Note that although the torque was exemplarily mentioned as the operational parameter contained in the feedback signal, which is an indication of the actual load of each pinion gear 13, other operational parameters can be used as operational parameters in the feedback signals, as well.

Figure 4 shows different kinds of feedback signals which can be used for controlling the yaw drive, in particular for controlling the drive units 23. As already mentioned, each drive unit 23 comprises a position encoder 35 which may either be implemented on the high speed side or the low speed side of the gear, or a gear itself. After an initial calibration the position encoder can determine the exact angular position of the respective shaft or gear wheel which in turn is an indication of the level of fixation of the pinion gear 13 to the gear ring 11 and, thereby, an indicator of the load acting between the pinion gear and the gear ring 11.

Furthermore, the torque sensor that may either be implemented at the high speed side of the gear, the low speed side of the gear, or at the gear itself, also provides a measure of the load acting between the respective pinion gear 13 and the gear ring 11.

Furthermore, an operational parameter of the drive unit which can be used as an indication of the actual load acting between the respective pinion gear and the gear ring 11 is the current consumed by the motor 27. Hence, the current consumed by a motor is also a suitable parameter for the feedback signal.

A still further suitable operational parameter would be the rotational frequency of the rotor in the motor 27.

To summarize, a suitable feedback signal can contain either of an operational parameter derived from the gear 31 or one of the shafts 29, 33, an operational parameter derived from the electric motor 27 and an operational parameter derived from the frequency converter 39. Moreover, it is possible not only to use one feedback signal but to use a number of feedback signals containing values of different operational parameters. Additionally or alternatively, a number of values of operational parameters can also be combined in one feedback signal.

By the present invention which has been described in conjunction with exemplary embodiments thereof, load sharing of the drive units of the yaw system can be assured. This is achieved by using a close loop control system which does not only rely on a reference signal but also on at least one feedback signal from each of the drive units. With such a control system it becomes possible to assure that the mechanical work needed to perform a requested yaw task is distributed equally to each of the drive units on a substantially equal load basis. This offers the advantage that the mechanical tear and wear is equally shared between the mechanical and/or electrical components of the drive units.

Claims

1. A wind turbine yaw system with a yaw gear (11), at least two pinion gears (13), at least two drive units (23), where each drive unit (23) is associated to one of the pinion gears (13) for driving the respective pinion gear (13), and a control system with a controller (25) for generating for each drive unit (23) a drive unit control signal for controlling the respective drive unit (23) according to a drive unit reference signal comprising at least one desired operational parameter value for the respective drive unit (23) so as to realise the at least one desired operational parameter value in the respective drive unit (23),

characterised in that

- the control system comprises at least one feedback loop for each drive unit (23) feeding at least one drive unit feedback signal comprising at least the actual value of one operational parameter of the respective drive unit (23) back to the controller (25), and
- the controller (25) is adapted to generate the drive unit control signals based on the reference signal and the feedback signals.

2. The wind turbine yaw system as claimed in claim 1, characterised in that

- each drive unit (23) comprises at least one torque sensor (37) sensing a torque the respective drive unit (23) yields, and
- each feedback signal represents at least the output of the respective torque sensor (37).

3. The wind turbine yaw system as claimed in claim 1 or in claim 2,

characterised in that

- each drive unit (23) comprises an electric motor (27), and
- each feedback signal represents at least one operational parameter of the respective electric motor (27).

4. The wind turbine yaw system as claimed in claim 3, characterised in that each feedback signal represents at least the load experienced by the respective electric motor (27) as an operational parameter of the electric motor (27).

5. The wind turbine yaw system as claimed in claim 3 or in claim 4, characterised in that each feedback signal represents at least the current consumed by the respective electric motor (27).

6. The wind turbine yaw system as claimed in any of the claims 3 to 5, characterised in that

- each drive unit (23) comprises a gear (31) between the electric motor (27) and the pinion gear (13), and
- each feedback signal represents at least one operational parameter of the gear (31).

7. The wind turbine yaw system as claimed in claim 2 and claim 6, characterised in that the torque sensor (37) is located at the high speed side of the gear (31).

8. The wind turbine yaw system as claimed in claim 2 and claim 6, characterised in that the torque sensor (37) is located at the low speed side of the gear (31).

9. The wind turbine yaw system as claimed in any of the claims 3 to 8, characterised in that

- each drive unit (23) comprises a position encoder (35) encoding the rotational position of a shaft connecting the motor and the pinion gear or, if a gear is present between the

motor (27) and the pinion gear (31), a shaft (29) between the motor (27) and the gear (31), a shaft (33) between the gear (31) and the pinion gear (13) or of a gear wheel in the gear (31), and

- the feedback signal represents at least the output of the respective position encoder (35).

10. The wind turbine yaw system as claimed in any of the claims 3 to 10,

characterised in that

- each drive unit (23) comprises a frequency converter (39) between the controller (25) and the motor (27) for controlling the speed of the motor (27), and

- each feedback signal represents at least one operational parameter of the respective frequency converter (39).

11. A wind turbine with a wind turbine yaw system according to any of the claims 1 to 10.

12. A method of controlling a wind turbine yaw system with a yaw gear (11), at least two pinion gears (13), at least two drive units (23), where each drive unit (23) is associated to one of the pinion gears (13) for driving the respective pinion gear (13), in which each drive unit (23) is controlled according to a drive unit reference signal comprising at least one desired operational parameter value for the respective drive unit (23) so as to realise the at least one desired operational parameter value in the respective drive unit (23),

characterised in that

at least the actual value of one operational parameter of each drive unit (23) is fed to the controller (25) by means of a feedback signal, and the controller (25) generates the drive unit control signals for the drive units (23) based on the respective reference signal and the feedback signals.

13. The method as claimed in claim 12,
characterised in that

the drive unit control signals are generated based on the respective reference signal and differences between the operational parameter values of the respective feedback signals.

14. The method as claimed in claim 12,

characterised in that

each drive unit control signal for a drive unit (23) is generated based on the difference between the at least one desired operational parameter value of the reference signal and the at least one operational parameter value of the feedback signal obtained from the drive unit to be controlled by the respective drive control signal.

15. The method as claimed in any of the claims 12 to 14,

characterised in that

- each drive unit (23) comprises an electric motor (27) and the feedback signal of a drive unit (23) represents at least one operational parameter of the respective electric motor (27), and/or

- each drive unit (23) comprises a frequency converter (39) for controlling the speed of the electric motor (27) and/or a gear (31) between the electric motor and the pinion gear (13), and the feedback signal of a drive unit (23) represents at least one operational parameter of the respective frequency converter (39) and/or the respective gear (31).

Abstract

A wind turbine yaw system with a yaw gear (11), at least two pinion gears (13), at least two drive units (23), where each drive unit (23) is associated to one of the pinion gears (13) for driving the respective pinion gear (13)_i, is provided. The yaw system comprises a control system with a controller (25) for generating for each drive unit (23) a drive unit control signal for controlling the respective drive unit (23) according to a drive unit reference signal comprising at least one desired operational parameter value for the respective drive unit (23) so as to realise the at least one desired operational parameter value in the respective drive unit (23). The control system comprises at least one feedback loop for each drive unit (23) feeding at least one drive unit feedback signal comprising at least the actual value of one operational parameter of the respective drive unit (23) back to the controller (25). Furthermore, the controller (25) is adapted to generate the drive unit control signals based on the reference signal and the feedback signals.

Figure 4

FIG 1

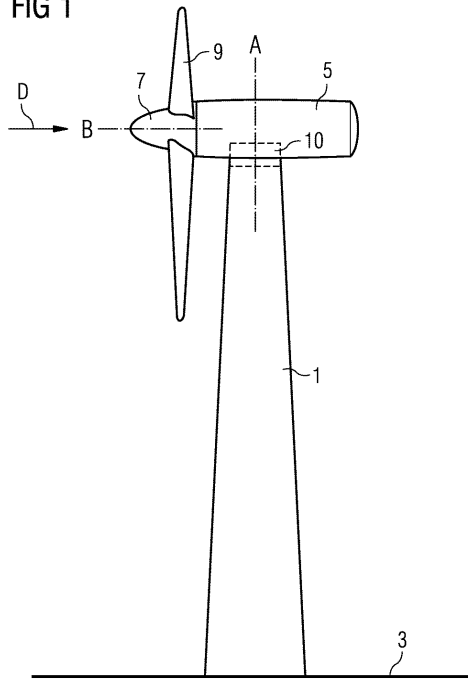


FIG 2

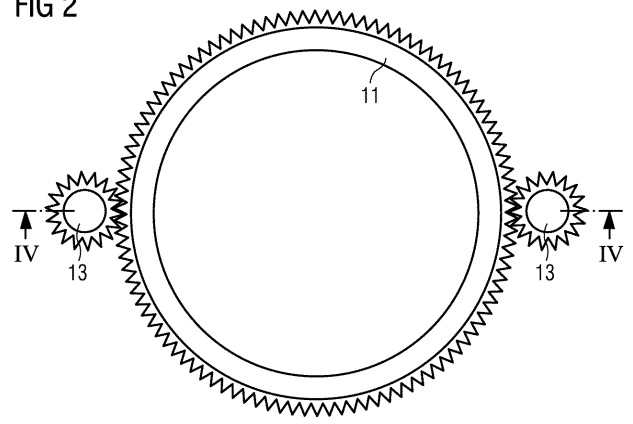


FIG 3

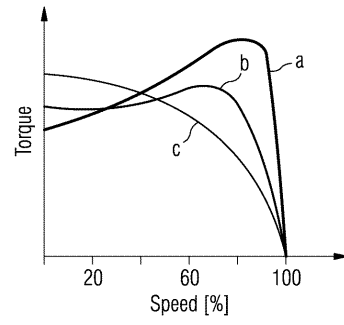


FIG 4

