

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4780751号  
(P4780751)

(45) 発行日 平成23年9月28日(2011.9.28)

(24) 登録日 平成23年7月15日(2011.7.15)

(51) Int.CI.

FO 3 D 11/02 (2006.01)

F 1

FO 3 D 11/02

請求項の数 8 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-350701 (P2004-350701)  
 (22) 出願日 平成16年12月3日 (2004.12.3)  
 (65) 公開番号 特開2005-180425 (P2005-180425A)  
 (43) 公開日 平成17年7月7日 (2005.7.7)  
 審査請求日 平成19年10月22日 (2007.10.22)  
 (31) 優先権主張番号 10357292.9  
 (32) 優先日 平成15年12月5日 (2003.12.5)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(73) 特許権者 594118017  
 フォイト・ターボ・ゲーエムベーハー・ウ  
 ント・コンパニー・カーゲー  
 Voith Turbo GmbH &  
 Co. KG  
 ドイツ連邦共和国 89522 ハイデン  
 ハイム アレクサンダー シュトラッセ  
 2  
 (74) 代理人 100088096  
 弁理士 福森 久夫  
 (72) 発明者 ドクター アンドレーアス バステック  
 ドイツ連邦共和国, ディー79540,  
 レーラッヒ, ハンマーシュトラッセ  
 3ディー

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】速度誘導、動力衝撃低減、並びに、短期エネルギー貯蔵を伴う流体流動動力エンジン用駆動ライン

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

駆動ラインの入力シャフトが少なくとも風力マシン、水力マシン、或は、他の流動動力マシン用のタービンにより直接的に駆動され、前記駆動ラインの出力シャフトが少なくとも発電機を直接的に駆動し、それによって前記出力シャフトが前記入力シャフトの速度よりも高い速度で回転していることから成る駆動ラインを制御する方法であって、

前記発電機が本質的には一定のグリッド周波数を特徴とする電気的グリッドと接続され、

前記駆動ラインが動力配分伝動装置及び流体力学的サーボ変換器を備え、  
 前記動力配分伝動装置が 2 つの動力分岐を含み、

前記流体力学的サーボ変換器が、ポンプ・ホイール、タービン・ホイール、並びに、調整可能な反作用部材を含み、

前記駆動ラインの前記入力シャフトを介して、動力が少なくとも直接的に前記動力配分伝動装置に供給され、

前記動力配分伝動装置の第 1 動力分岐が少なくとも前記駆動ラインの前記出力シャフトに動力を直接的に転送し、

前記流体力学的サーボ変換器の前記ポンプ・ホイールが少なくとも前記駆動ラインの前記出力シャフトと直接的に接続され、

前記流体力学的サーボ変換器の前記タービン・ホイールが少なくとも前記動力配分伝動装置の前記第 2 動力分岐と直接的に接続されて、流動バック動力を前記動力配分伝動装置

10

20

にもたらし、

ここで、前記流体力学的サーボ変換器の前記反作用部材は、選択された閾値未満のタービン速度に対しては一定位置に設定され、かつ、前記反作用部材は、前記タービンによって受け取られた運動量の関数としての閾値を越える前記タービンの中間速度を維持するよう<sup>10</sup>に制御される

方法。

**【請求項 2】**

駆動ラインの前記入力シャフトの速度に対する閾値が、前記風力ロータが特定のノイズ・レベルを超えないように為すべく選択されることを特徴とする、請求項1に記載の駆動ラインを制御する方法。

10

**【請求項 3】**

前記駆動ラインの前記入力シャフトの速度が前記閾値を上回って本質的には一定であることを特徴とする、請求項1或は2に記載の駆動ラインを制御する方法。

**【請求項 4】**

前記駆動ラインの前記出力シャフトが本質的に一定速度で回転することを特徴とする、請求項1或は2に記載の駆動ラインを制御する方法。

**【請求項 5】**

前記風力タービンと該風力タービンによって駆動される前記駆動ラインが、同一の速度/動力および速度/運動量特性を有することを特徴とする、請求項1乃至4の内の何れか一項に記載の駆動ラインを制御する方法。

20

**【請求項 6】**

前記閾値が可変であることを特徴とする、請求項1乃至5の内の何れか一項に記載の駆動ラインを制御する方法。

**【請求項 7】**

前記閾値が閾値範囲として選択されることを特徴とする、請求項1乃至6の内の何れか一項に記載の駆動ラインを制御する方法。

**【請求項 8】**

前記流体力学的サーボ変換器の反作用部材の設定を特定的に選択することにより合わせられている前記駆動ラインのあらゆる作業点において、前記駆動ラインが、放物線状の動力取り入れ特性を有することを特徴とする、請求項1乃至7の内の何れか一項に記載の駆動ラインを制御する方法。

30

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、風力マシン或は水力マシン等の流体流動動力エンジンから動力を受け取り、それを発電機に転送する駆動ラインであり、速度誘導、動力衝撃低減を短期エネルギー貯蔵の柔軟性と共に特徴とする駆動ラインに関する。

**【0002】**

発電機の駆動に対して風力及び水力等の自然資源を利用する流体流動動力エンジンは出力転送と云う点で駆動ラインを特に要求している。典型的には、ひどく揺動する出力収量が駆動ラインの入力シャフトでの一時的な流動プロセスで利用可能である。付加的には、流体流動媒体の運動エネルギーの風力モータ或は水力タービン等の動力取り入れの運動エネルギーへのエネルギー変換中、特性及び力学に関わる特定の問題を考慮しなければならない。したがって、流体流動動力エンジンの駆動ラインの入力シャフトには、システム固有の出力変換特性が存在する。この特性は、例えば空気や水といった媒体の特定の速度に対し、最適な回転速度/回転運動量比を動力取り込み部の高速運転の総計に応じて割り当てるが、この高速運転の総計は、更に、動力入力装置の大きさや設計に依存している。

40

**【0003】**

もし駆動ラインが電力供給グリッドに電気的エネルギーを供給する発電機を駆動する場合、ネットワーク周波数が一定レベルを支配的に実証することを考慮しなければならない

50

。ネットワーク周波数における揺動は非常に小さな程度のみ存在するが、それはこの大きさがネットワーク自体から直接的に引き出されるからである。

【0004】

駆動ラインの先行して記載された要件は風力プラントの場合に特に成立する。ここで、可変動力入力が風力エンジンによって取り入れられ、加えて、気流から最適な機械的エネルギーを抽出できるように為すために、風力ロータが風速に依存する特定の回転速度で特徴付けされる必要がある。それ故に以下において、風力プラントの例を用いて、動力衝撃低減及び短期エネルギー貯蔵を伴う速度誘導された駆動ラインに関わる問題が説明される。

【0005】

もし、最初に、風力プラントの駆動ラインに対して為される要件は発電機側から考慮されれば、グリッドに対する発電機の接続に対する初期解決策は駆動ライン全体そしてそれによっての固定速度としての風力ローラを設計することであり得る。そうした固定速度風力プラントは、非同期発電機が使用されている場合、単純な形成及び方式で条件付スリップの原理に基づく電気的エンジンとしての電気的動力供給グリッドの電圧に接続され得る。これによって、速度不变性は風力ロータに対する伝動装置によって駆動ラインに伝達されて、風力ロータが変動する風速で且つ最適動力出力で移動しないように為す。固定速度風力プラントの特別な短所は、頻繁にある典型的な風条件の場合にそれらプラントが特に部分的に負荷された場合に、制限された効率のみで作動可能であることである。

【0006】

もし一般風力プラントや特に部分的負荷範囲において可変速度で動作させられると、可变或は一定の出力速度の何れかでの駆動ラインを設計する可能性が生ずる。それによって、双方の場合、動力出力も一時的な変動運動量の理由で一時的に変化可能である。

【0007】

その第1の場合は、必要とされる周波数で発電機を起動するような、或は、既存のグリッド周波数の差を補償して可変速度発電機を可能とするような周波数変換器の風力プラントでの使用に至る。しかしながらこの構成はここで図示されるタスクから我々を遠ざけ、規制及び制御回路の複雑性、周波数変換器において風力ロータの放物線状特性をマッピングする困難性、周波数変換器による規定された発電機特性曲線の頑強性等々の困難性があり、環境的負荷、例えば低い調和負荷及び無効電力の発生等の極端に精密な手段によってのみ動作可能なグリッド供給品質の動作信頼性に関する低レベルの困難性が特に付隨される。

【0008】

第2の場合、即ち風力プラントの可変ロータ速度を周波数変換器無しで一定の発電機速度と接続する場合は、可変入力速度及び一定出力速度を伴う可変動力転送に対する駆動ラインのここに説明される中心問題を表す。この問題への既知の解決策は、特に風力プラントに対する解決策は、機械的動力を複数の分岐に分割すべく使用されるオーバーレイ伝動装置を展開することである。可変速度風力プラントの場合、これに基づく2つのケースが知られており、それらは発電機周波数を一定レベルに保持するために使用される。

【0009】

第1システムにおいて、入力動力は大きな発電機と小さなサーボ・モータの間のオーバーレイ伝動装置を介して配分され、それによって入力動力の約30%がサーボ・モータに中継されることが一般的である。発電機は固定速度でグリッドと接続されるか、或は、当該発電機に機械的に結合された補助発電機を介して供給される。発電機速度を安定化するために、サーボ・モータはモータとして動作させられるか或は変動する周波数での発電機として動作させられる。この種のシステムにおいて、同一問題が周波数規制発電機に存在する。

【0010】

第2システムは、流体力学的に動作し、このシステムでは電気的サーボ・モータが使用される代わりに流体力学的ポンプやモータが使用される。ここでもまた、難しい規制特性

10

20

30

40

50

、特に反応及び関連絶対期間と顕著な非線形特徴の問題が生ずる。更に流体力学的システム構成要素はそれらの精巧な設計の理由より不利益がある。

#### 【0011】

電気的発電機との接続に対して流体流動エンジン用の駆動ラインに対する先に記載された要件に加えて、破壊的であると感知され得るノイズの発生を規定レベルまで低減するために、特に動力プラントとの関連においてロータ・ブレードの先端が特定の速度を超えていると想定されないと云う特異性が生ずる。それ故に風力ロータの径に依存して、それらの回転速度を特定の最大量まで、或は、風負荷に依存する特定の速度閾値以上に制限する必要がある、特定の最大レベルを超えない出来る限り接近した速度シーケンスであるが、例えは岸辺近くか或は岸辺から離れているか等の各箇所に依存して変動し得る特定の最大レベルを超えない出来る限り接近した速度シーケンスを指定する。この要求を達成するために、発電機に対する周波数変換器が使用され得て、その周波数による必要とされる速度を発電機に付与し、それによって風力ロータの速度を制限する。しかしながらこれは先に説明された解決策の使用をその短所の全てと一緒に必要とする。

10

#### 【0012】

周波数変換器を用いると、駆動ラインによって中継されたトルクの変動を介して風力モータの実質的に一定に維持された速度も可変動力を発電機に中継できる可能性が生じ、その動力は気流の有効な運動エネルギーに依存する。しかしながら、利用された変換器テクノロジーの理由によって、これまで指定された公称曲線に沿っての固定速度誘導のみが達成され、それ故に特に風流動における短期揺動に反応することができないと云う短所がある。その結果、突風から生ずる負荷衝撃は短期速度変更によって補償され得ず、そしてその結果、発電機や機械的構造に対して直接的な影響を有する。これは特に、負荷蓄積とそれに接続された風力プラントの動作期間に関して短所であると見なされる。

20

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0013】

本発明に基づくタスクは流体流動エンジン用の駆動ラインを指定することであり、特に、速度誘導を許容する風力及び水力のエンジン用の駆動ラインを指定することである。これによって一方では、発電機の駆動に対する駆動速度はグリッドからの影響によって一定にされるように想定され、そして他方では、入力シャフトに対する速度が入力された運動量に依存する特定の公称シーケンスに制限されるか、或は、決定された一定レベルに制限される。特に全負荷の動作条件下では、駆動ラインの入力側速度が制限されている最中、その駆動ラインは反作用に関して充分な柔軟性によって、駆動ラインの入力に対する短期動力揺動の支配を和らげてそれらを利用することができるようになる、エネルギーの短期貯蔵を実行すべく過負荷中の能力を特徴するように想定されている。

30

#### 【0014】

この問題に解決策を提供するために、本発明者は、各種要件に従った駆動ラインが、動力配分伝動装置と流体力学的サーボ・トルク変換器との組み合わせから成るように構成されるべきであることを最初から認識した。

#### 【課題を解決するための手段】

40

#### 【0015】

動力配分伝動装置の入力シャフトは、そのように行う点に関して、例えは風力ロータを伴う風力プラント用、或は、適切なタービンを伴う水力プラント用の流体流動エンジンの動力入力と少なくとも直接的に接続される。動力入力と動力配分伝動装置への入り口との間の可能性ある中間要素として、例えは伝動装置が利用され得るが、固定結合も可能である。

#### 【0016】

可変伝動比を伴う遊星歯車伝動装置として構成され得る動力配分伝動装置において、2つの分岐が構築されている。第1動力分岐において、駆動ラインの出力シャフトは風力ロータによって提供される機械的動力で駆動され、それによってこの出力シャフトは発電機

50

と少なくとも直接的に接続される。これによって必要とされることは、発電機駆動のための出力シャフトが一定速度以上で回転することである。これを達成するために、ポンプ・ホイールを伴う流体力学的変換器は駆動ラインの出力シャフトから少なくとも直接的に駆動され、それによって出力シャフト及びポンプ・ホイールの間に直接結合が存在する。これの前提条件は、出力シャフトが、入力シャフトの速度との比較によって相当程度より高い速度での動力配分伝動装置における転送によって供給されることである。発電機に対する典型的な速度は例えれば 1500 U / 分である。出力シャフト上のこうした高い回転速度によって、同様にして、流体力学的サーボ変換器の実効的動作も可能となる。

#### 【0017】

風力プラントが始動すると、先ず駆動ラインの入力シャフト及び出力シャフトは該出力シャフトと接続された発電機がその公称速度レベルに到達するまで加速し、発電機が結合された電気的グリッドとの同期が実施され得る。そして到達した公称動作条件において、グリッド周波数は発電機そしてそれ故の駆動ラインの出力シャフトに指定された公称速度を付与する。

#### 【0018】

流体力学的サーボ変換器の反作用部材の位置、典型的な環境下ではグリッド・ブレードを伴うステータの位置とは独立して、ポンプと該ポンプと接続された動力転送の特殊な動力入力が流体力学的サーボ変換器のタービン・ホイール上に生ずる。これは、気流から風力ロータの運動エネルギーへのエネルギー変換から生ずるシステムに固有の特性とサーボ変換器のシステム特性との理由から、動力配分伝動装置と流体力学的変換器の反作用部材とにおける変換比が、一般にオーバーレイ伝動装置と関連するサーボ変換器のシステムに固有であると共に特に風力タービンの部分的負荷範囲に固有の規制効果の理由から、駆動ラインの出力シャフト上に付与された一定発電機速度を伴う入力シャフトに対する風力ロータ用の最適入力速度が達成され得る。これは、流体流動エンジンとしての風力ロータ及びサーボ変換器の特徴、速度 / 動力及び速度 / 運動量の同一特性と、それらのシステムの振る舞いの調和の理由で、そしてこうした同等振る舞いパターンが必要されると云う事實を含む。

#### 【0019】

更なる段階で、駆動ラインの入力シャフトに対する回転速度限界に到達するために、変換器の調整は反作用部材によって請け負われて、流体力学的サーボ変換器に対する変更速度トルクがそれ自体を調整し、それによって動力配分伝動装置における新変換比も生じ、それが本発明に係る駆動ラインの入力シャフトの自己調整に至り、それによって風力ロータに対して特定速度トルク比内となる。この発明に係る方法に従えば、放物線状特性の故意のシフトと、それによって駆動ライン内の流体力学的サーボ変換器の「調整解除」とによって、実際には気流の最適動力を利用することができないが、特定の選択された回転速度を受け入れる風力ロータに対する誇張された対抗運動量が構築される。

#### 【0020】

この方法で、風力ロータの回転速度が、ノイズの発生に対して臨界的である閾値速度領域下方のレベルに保持されることが上首尾の内に達成され得る。代替的には、風力ロータにおける特定の速度が超越される場合、特定の調和された速度限界曲線が設定され、それは風力ロータに付与された気流からの運動量に排他的に依存する。風力ロータに対するこうした付与された速度シーケンスは、例えば、明らかに急峻で多かれ少なかれ一定として選択され得るか、或は、同様に、風力の増大に伴って、速度に関する特定の増大を許容することも可能であり、それは本発明に係る駆動ラインのシステムにおける固有の柔軟性を付加的に支援する。

#### 【0021】

出力シャフトからの受け取りと動力配分伝動装置に対する動力還流を伴う動力配分伝動装置及び流体力学的サーボ変換器を有する駆動ラインは、機械的伝動装置構成要素の配置によって放物線状流動進行に非常に似た特徴を有する風力ロータの最適な受け取り特性が駆動ラインによってマッピングされるように設計されている。駆動ラインにおけるそうし

10

20

30

40

50

た調整可能性に対して、流体力学的サーボ変換器の反作用部材、可変動力入力、最適速度に沿っての風力ロータの動力入力への誘導、一定発電機速度等の原則として非変動調整が達成され得る。この効果はレイアウトに単純に依存する駆動ラインの出力速度の自己規制に至り、以下に説明され得るものであり、即ち動力の動力配分伝動装置への流動バックを許容する流体力学的変換器は同様に放物線状特性を特徴とする。流体力学的サーボ変換器は反作用部材のシフトによって「調整解除」され、駆動ラインの転送振る舞いは新速度・トルク特性曲線に移転され、それは気流に依存して、通過させられると共に放物線状特性を特徴とする。

【0022】

風力ロータの特定速度、例えば所定の速度閾値以上の一定速度の設定のため、流体力学的サーボ変換器の反作用要素を介して特定調整を選択する必要性があり、結果として特定の新作業点となる。この発生に基づき、各選択作業点が近似的な放物線状特性曲線上に横たわり、突風の結果として生ずる動力入力における短期揺動に対して、駆動ラインの先行して記載された自己規制特性は各場合において選択された作業点をつかむ。一方においてこれは発電機や駆動ラインの全体機構に対する突風からの衝撃のクッションに至る。他方、突風の影響下、駆動ラインの入力速度に対して、特定程度まで加速され、それによって、風力ロータ及び駆動ラインの加速に対して、駆動ラインにおける運動量増大の低減に至り、発電機におけるエネルギー生産の短期揺動領域を低減し、それによって突風が治まった後の入力速度に関して駆動ラインが、その自己規制特性の理由から、再び選択作業点に戻り、現行の付加的運動エネルギーを風力ロータから発電機への駆動ラインまで引き渡す。

【0023】

以下、本発明に従った方法は図面を参照することによってより明確に記載されている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

風力プラントのロータ動力  $p_R$  は風速  $v_w$  との以下の関係において近似的には数式 1 の通りである。

【数1】

$$p_R = k \cdot c_p(v_w, \omega_R, \beta) \cdot v_w^3$$

【0025】

ここで  $k$  は、要約すれば、空気密度と共にブレード形状等の様々な定数を言及している。更に  $c_p$  は、風速  $v_w$ 、ロータ速度  $\omega_R$ 、並びに、ロータ・ブレードの角度位置、所謂、ピッチ角  $\beta$  に依存する図示されたような動力係数を言及している。この動力係数は、風速  $v_w$  の増大に伴ってより大きなロータ速度  $\omega_R$  にシフトするグローバル最大値によって識別される。

【0026】

この関係は、図 2 における様々な風速を考慮した場合の風力ロータの実効的な動力の図示で示される。そこには、風速 18 m/s、16 m/s、14 m/s、12 m/s、8 m/s に対する一定ロータ・ブレード位置での 70 m 径を有する風力ロータによって気流から取り入れられた動力を例示的に示す複数の曲線（連続的に描写された曲線）から成る配列がある。特性は、風速の増大と伴ってより高レベルでの最適ロータ速度のシフトである。各場合において、動力最大は放物線又はパラボラとしても示される曲線上に横たわっている。最適動力入力のこの曲線に沿っての速度誘導は、本発明に係る駆動ラインの入力シヤフトに対する動力最適速度誘導として以下に指定される。このようにして、可变速度プラントは、最適動力係数で各場合において有効である風速に依存して作動され得る。部分

10

20

30

40

50

的な負荷での可変速度動作に加えて、特定の公称動力用に典型的には据えられた風力プラントは、各場合において全負荷で達成され且つそこに保持される公称速度と接続される。

【0027】

図2において描寫された曲線の点線配列を見ることによって風力ロータのトルクを見ることができる。描寫されたようなトルク・流動進行は各場合において風速に依存する動力に割り当てられ、即ち、各トルクに属する最適な動力速度は問題とされる風速で最大トルクを表さず、異なる値を想定している。これに関しては図2における肉太印刷された速度入力曲線を参照すること。風力ロータによるトルク入力で、発電機は本発明に係る駆動ラインを介して始動される。同期発電機に対するトルク/速度比が図示されている図2から明白なことは、様々な異なる転送トルクのための駆動ラインの駆動シャフト上における50Hzの付与グリッド周波数に対して、この例では1500U/分出力側の一定速度が規定され且つ保持され得る。もし、同期発電機の代わりに、非同期発電機が使用されれば、事情は周囲の状況に割り当てられるように実証し、その理由は、線形領域での動作中、出力は急峻なトルク/速度比からであり得て、駆動ラインの駆動シャフト速度は殆どの部分に対して一定レベルで特徴付けられることとなる。

【0028】

図1は本発明に従った駆動ライン1の可能な設計レイアウトを示し、ロータ3に伴う入力シャフトは風力マシンのロータ3と少なくとも直接的に接続されている。提示されているこの場合、一定伝動比を有する伝動装置4は風力マシンのロータ3と入力シャフト2の間に据えられている。図示されたこの実証的な例において、遊星歯車伝動装置6が駆動ライン1の動力配分伝動装置5として使用され、それによって入力シャフト2が遊星歯車伝動装置6と接続されている。動力配分伝動装置において、2つの動力分岐が存在し、第1動力分岐7が動力を太陽ホイール9を介して駆動ラインの出力シャフト10へ導いている。この出力シャフト10は、少なくとも発電機11を直接的に励起し且つ実効的に流体力学的なサーボ変換器12と接続している。これに加えて、出力シャフト10は少なくとも流体力学的サーボ変換器12のポンプ・ホイール13と直接的に接続されている。反作用部材15として、位置決めブレードを伴うステータが流体力学的変換器12内に使用され、そのブレードで、動力流動はタービン・ホイール14上に設定され得る。タービン・ホイール14を介して、動力流動バックが生じ、それが再び第2の固定遊星歯車組16を介して転送されるが、その固定遊星歯車組はその一部で動力配分伝動装置5にその効力を發揮し、それによって速度比に影響している。これは、動力バック流動に供する動力配分伝動装置の第2動力分岐18を説明している。

【0029】

本発明に係る駆動ラインは、動力配分伝動装置における機械的転送の選択によると共に変換器の大きさによって、最適動力取り入れの放物線状特性曲線が風力ロータ3によって模倣されるように、設計に関して形成される。これに対する出発点は、あらゆる風速に対して、気流からの最大動力取り入れに対する理想的なロータ速度が挿入され得る。この点は図2に対する先行する記述が参考される。同時に更なる条件として、発電機に対する駆動ラインの一定出力速度も指示される。提示されているこの場合、これは1500U/分に横たわる。例えば出力ホイール及び太陽ホイール等の動力配分伝動装置の伝動装置構成要素の必須の循環速度は、部分的な負荷範囲における各風速に対するこれら明細を考慮して設定され得る。この件に対して駆動ラインが、原則として流体力学的サーボ変換器12の反作用部材15の位置の一定保持に対する放物線状動力取り入れ特性を模倣しなければならないことを考慮すべきである。

【0030】

図3は、駆動ライン内に設定された複数の速度と動力を転送している個々別々の分岐内におけるそれら速度が図示されている。各場合において、曲線Aは出力シャフト10の速度を示し、曲線Bは流体力学的変換器12のタービン・ホイール14の速度を示し、曲線Cは入力シャフト2の速度を示し、そして、曲線Dは動力配分器5の外側ホイール17の速度を示している。動力流動に対して、曲線Eは風速ロータから取り入れられた動力を図

10

20

30

40

50

示し、曲線 F は太陽ホイール 9 の動力である。曲線 G は駆動ラインによって転送された動力であり、そして、曲線 H は流体力学的変換器 12 から動力配分伝動装置 5 への第 2 動力分岐 18 を介して戻ってくる動力をあらわしている。

【 0 0 3 1 】

図 4 はこの実施例に対する動力流動と、提示されているこの場合ではステータの流体力学的サーボ変換器の反作用部材の設定とを再度示している。動力流動曲線 E、F、G、H は図 3 からのものを表している。理解して頂けるように、駆動ラインの特性によって模倣され得る放物線に沿っての最適動力取り入れで、誘導翼位置の一貫した平行レベルで、図示される部分的負荷範囲全体にわたって作業することが可能である。この設定は、これ以後、流体力学的変換器の調整済み設定として指定される。それ故に反作用部材の規制は、  
10 同時可変の最適風力ロータ速度で発電機の供給に対する、駆動ラインの出力速度の一定レベルに達成する必要性が全くない。ここで指摘しなければならないことは、動力取り入れを特徴付ける放物線の急峻性は、動力配分伝動装置の構成要素の転送規模と共に変換器の大きさによって設定され得る。本発明に係る駆動ラインのこの特性は、これ以後、自己規制と呼称される。

【 0 0 3 2 】

図 5 は、特定速度領域以上である特定の公称速度を風力ロータに付与するために、そして特にこの速度閾値以上の一定速度で保持するために、最適動力入力放物性が流体力学的サーボ変換器の調整解除によって放置されている場合を図示している。この図示された曲線アレイは様々なステータ位置 ( $H = 0.25 \sim 1.0$ ) を表している。提示されているこの場合、流体力学的サーボ変換器は  $H = 0.25$  のステータ位置で調整されている。  
20

【 0 0 3 3 】

閾値速度より低く、提示されているこの実施例において  $15.5 \text{ rpm}$  に横たわる速度は理想的な動力取り入れ放物線に従っている。これは風流動からの最適動力取り入れでの風力タービンに対する速度誘導の先行して図示された状況を表し、それによって同時に駆動ラインの出力シャフト上の発電機の要求された一定速度に固守される。

【 0 0 3 4 】

$15.5 \text{ rpm}$  の提示されているこの場合での閾値速度以上において、流体力学的サーボ変換器の反作用部材のシフトによって駆動ラインは、風力ロータの全システム及び駆動ラインが新動力取り入れ放物線上の新作業点にラインアップされるように設定される。  
30 これによって駆動ラインの出力速度とそれによる発電機の速度は一定のまま維持され続ける。

【 0 0 3 5 】

図 5 から理解して頂けるように、流体力学的サーボ変換器の調整解除によって様々な異なる作業点が選択され得る。これは風力タービンの速度に対する設定を為す可能性を明らかにし、最も単純な場合、速度はこのように制限され、しかしながら同様に、風力タービンを介して取り入れられたトルクに依存する曲線に沿って風力タービンの所望速度に対する作業点を設定することも可能である。このように、特に駆動ラインの柔軟性を風力ブランクトの全負荷動作の限界に適合することができる。

【 0 0 3 6 】

変換器の調整解除によって設定された各作業点まわりに、変動風速で通過させられる放物線状動力取り入れ特性が生ずる。この状況は図 5 に図示されている。これによって、特定の作業点の設定がゆっくりと引き受けられ得て、即ち数分の範囲内で引き受けられ得て、中間風速に依存することが考慮されるべきである。各場合において駆動ラインのシステム特性によって補償されることになるこの作業点のまわりの可能性ある変動は、特に風輪郭において生ずるような突風からの変動等の短期効果である。変動のこの幅は作業点における所望速度の  $\pm 30\%$  以下、より好ましくは  $\pm 10\%$  以下、特に  $\pm 5\%$  以下を超えるべきではない。

【 0 0 3 7 】

先の本発明に係る方法によって、機械的な流体力学的駆動ラインの調整解除によっての  
50

風力タービンの速度閾値は動力配分伝動装置及び流体力学的サーボ変換器による動力取り入れの特性に適合され、部分的負荷、他の動作点、高い柔軟性によるノイズ展開の限界に対する速度の制限、並びに、駆動ラインの自己規制特性の間でのクロスオーバー中、風力タービンの密閉を組み合わせることは上首尾のうちに可能である。特に後者は、図6に示されるように、変換器によって制御される発電機が駆動ラインの動力除去に対して生成する運動量による密閉を伴うシステムとは対照的に突風が生ずる際の長所である。

#### 【0038】

図6において、相対的な風速の移送を通じての一時的な流動進行における突風の発生が個々別々に示されている。反作用として、本発明の方法に従って制御される駆動ラインを伴うシステムと完全に固定されたレイアウトを伴うシステムとの間での比較が為される。固定レイアウト・システムは突風から生ずる付加的な運動量の衝撃と風力タービンに対する衝撃とを和らげなければならず（曲線1に従ったトルク流動進行を参照のこと）、他方、本発明に係るシステムは単に作業点を動力取り入れ放物線に沿って放置し、突風の結果、速度に特定の上昇が生じ（曲線IV）、それによって風力ロータ及び伝動装置の慣性モーメントによる付加的な動力取り入れも生じて、駆動ラインにおける運動量の実質的な低減を実証し（曲線II）、それは駆動ラインのレイアウトに対する過負荷の場合を実質的に低減している。本発明に係る駆動ラインはそれによって動力衝撃低減によって識別される。突風後、風力ロータの速度は作業点の設定の自己規制効果を考慮して再度平均化され、風力ロータにおける付加的な既存の運動エネルギーや駆動ラインは発電機へ渡される。これとは対照的に、固定システムは突風が生じた際に付加的な動力を何等取り入れない。明かなことは、本発明に係るシステムは実質的に柔軟に反応し、これは特に過負荷の場合のレベルにおける低減のために風力プラントの動作寿命スパンに対する長所である。この効果は機械的な流体力学的駆動ラインの短期エネルギー貯蔵に帰するべきものである。

#### 【0039】

図7aに示されるような典型的な風輪郭を出発点として考慮すれば、適切に電気的制御された従来システムIIを本発明に係る駆動ラインIと比較することができる。図7bはロータ速度の流動進行を示し、本発明に係る駆動ラインIがより低い速度偏向を特徴としていることが明かとなる。更には、図7cから理解して頂けるように、電気的制御システムとは対照的に、発電機速度が一定レベルで実質的な程度まで保持され得ることである。加えて図7dが示すことは、本発明に係る駆動ラインIで、動力衝撃を動力自体に変換することが可能であることであり、それによって明らかに相当により平滑なトルク流動進行を達成できることである。

#### 【0040】

図8は風力プラント用の駆動ラインに対する様々な異なる制御要件を要約している（放物線状、ノイズ制限且つ動力衝撃低減を伴う短期エネルギー貯蔵）。特定の閾値速度以上での風力ロータのノイズ展開の制限に対する風力ロータの最適な動力速度誘導は放棄され、駆動ラインの入力シャフトの速度がより急峻な流動進行曲線に沿って誘導される。本発明に係る駆動ラインの重要な長所は、そのロータ速度公称流動進行のあらゆる作業点において、自己規制の特性が起動され、そうして、短期エネルギー貯蔵及び動力衝撃低減が達成される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0041】

【図1】図1は、本発明に従った、出力側におけるサーボ変換器を伴う動力配分風力プラントの概略図である。

【図2】図2は、風力プラントにおける最良点での実効的な動力流動を概略的に示す。

【図3】図3は、風力タービン速度に依存する機械的な流体力学的駆動ラインの個々別々の分岐の動力流動及び速度を示す。

【図4】図4は、風力タービン速度に依存する機械的な流体力学的駆動ラインの反作用部材の動力流動及び設定を示す。

10

20

30

40

50

【図5】図5は、特定の速度閾値範囲以上の風力タービンの特定の公称速度を伴う作業点の設定を示す。

【図6】図6は、オーバーレイ伝動装置及びサーボ変換器による固定速度及び可変速度の動作での誘導された風力タービン速度での風力プラントにおける突風の影響を示す。

【図7a】図7aは、既存の解決策による周波数変換器及び一定变速比を伴う風力プラントと、出力側におけるサーボ変換器を伴う動力配分風力プラントの駆動ラインにおけるトルク影響の比較を示す。

【図7b】図7bは、既存の解決策による周波数変換器及び一定变速比を伴う風力プラントと、出力側におけるサーボ変換器を伴う動力配分風力プラントの駆動ラインにおけるトルク影響の比較を示す。

【図7c】図7cは、既存の解決策による周波数変換器及び一定变速比を伴う風力プラントと、出力側におけるサーボ変換器を伴う動力配分風力プラントの駆動ラインにおけるトルク影響の比較を示す。

【図7d】図7dは、既存の解決策による周波数変換器及び一定变速比を伴う風力プラントと、出力側におけるサーボ変換器を伴う動力配分風力プラントの駆動ラインにおけるトルク影響の比較を示す。

【図8】図8は、風力プラントに対する駆動ラインに為された規定需要を示す。

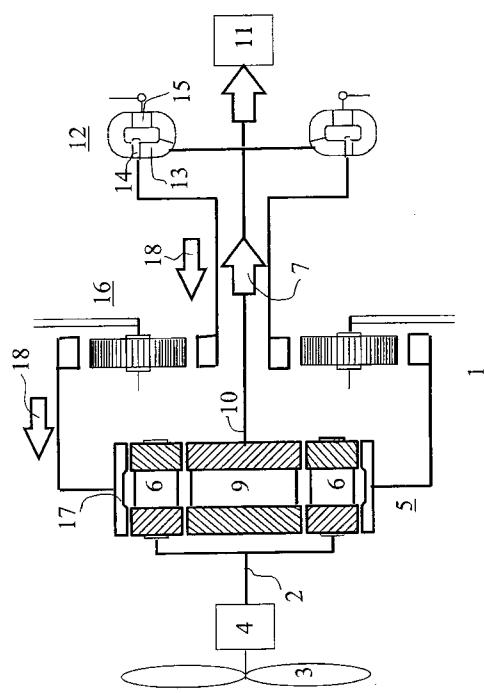
【符号の説明】

【0042】

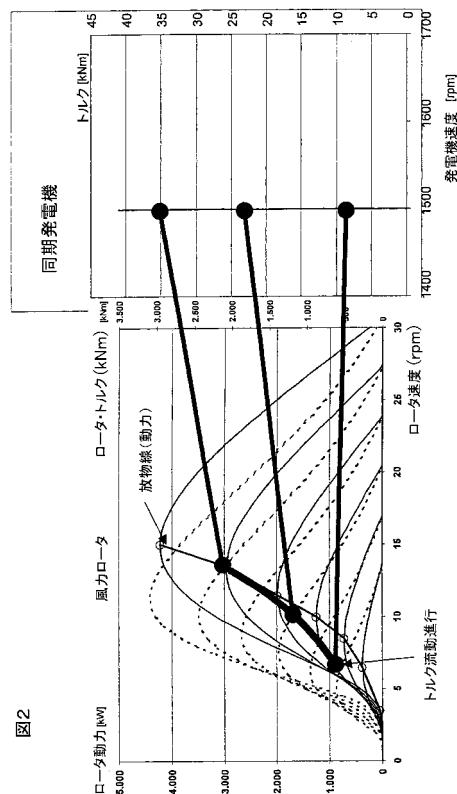
2	入力シャフト	20
3	ロータ	
4	伝動装置	
5	動力配分伝動装置	
6	遊星歯車伝動装置	
9	太陽ホイール	
10	出力シャフト	
11	発電機	
12	流体力学的サーボ変換器	
13	ポンプ・ホイール	
14	タービン・ホイール	30
15	反作用部材	
16	固定遊星歯車組	

【図1】

図1



【図2】



【図3】

図3

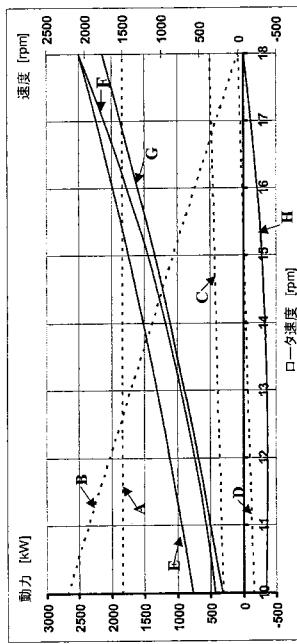
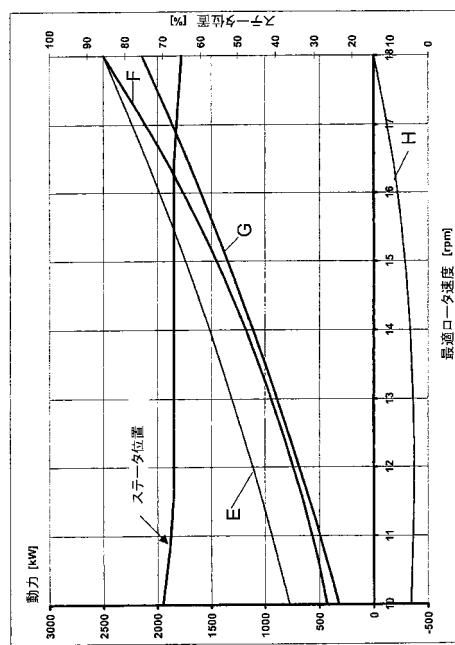


図3

【図4】



【図5】

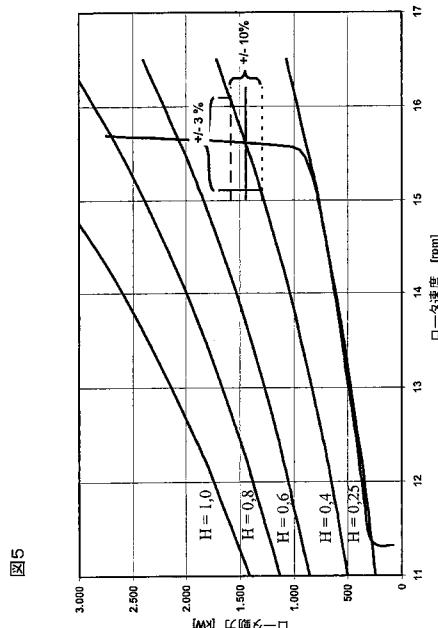


図5

【図6】

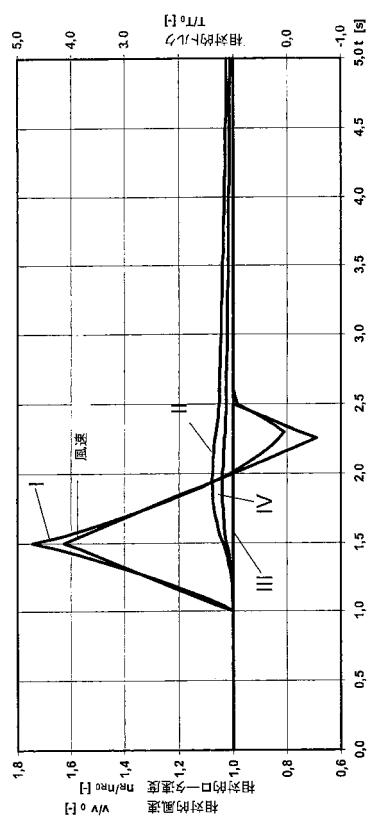


図6

【図7 a】

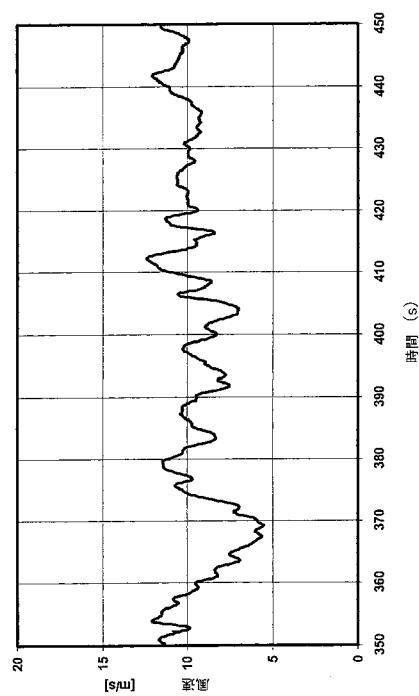


図7a

【図7 b】

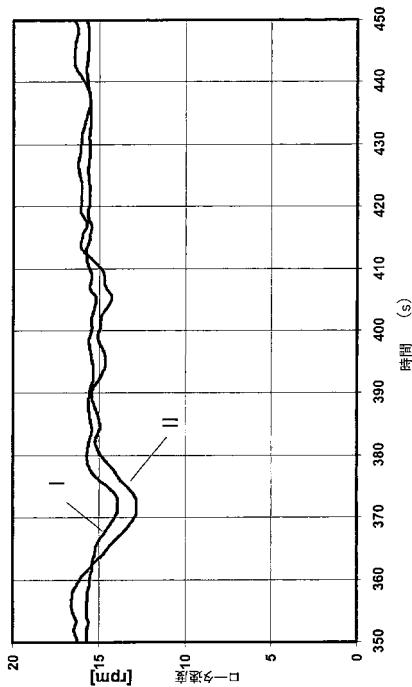
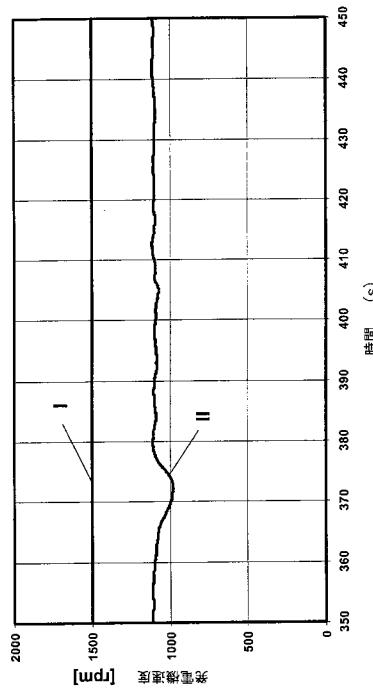


図7b

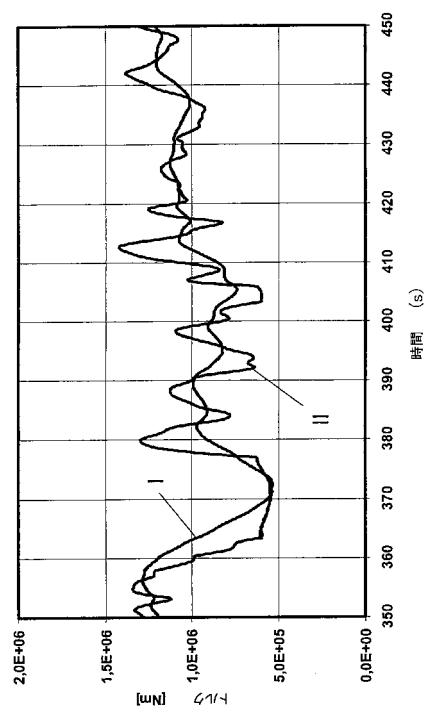
【図 7 c】

図7c



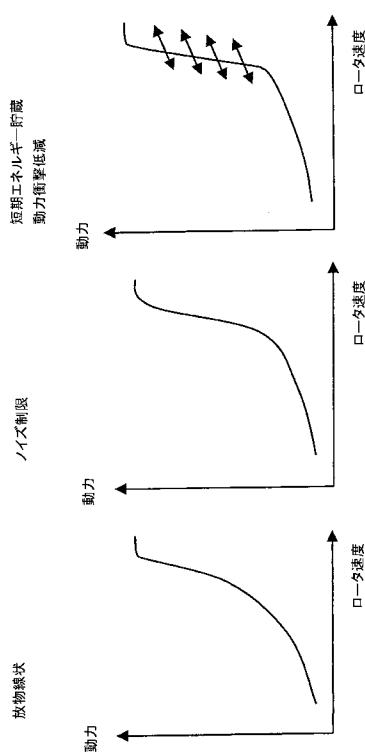
【図 7 d】

図7d



【図 8】

図8



---

フロントページの続き

審査官 尾崎 和寛

(56)参考文献 特許第2829854 (JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 03 D 11/02