

(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2010-25111
(P2010-25111A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.
F03D 11/00 (2006.01)
F03D 7/04 (2006.01)

F I
F03D 11/00 Z
F03D 7/04 Z

テーマコード (参考)
3H078

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2009-168048 (P2009-168048)	(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
(22) 出願日	平成21年7月16日 (2009.7.16)	(74) 代理人	100061815 弁理士 矢野 敏雄
(31) 優先権主張番号	08012871	(74) 代理人	100094798 弁理士 山崎 利臣
(32) 優先日	平成20年7月16日 (2008.7.16)		
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		

最終頁に続く

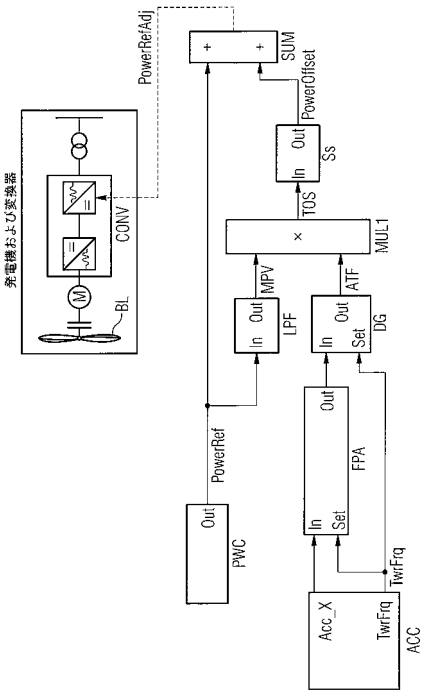
(54) 【発明の名称】 タワー振動を減衰する方法および装置

(57) 【要約】

【課題】風力タービンのタワー振動を減衰するための改善された方法と装置を提供する。

【解決手段】方法に関する解決手段は、電力基準信号が制御に使用される前に、この電力基準信号に変可変の電力オフセット信号を加え、可変の電力オフセット信号は電力基準信号の平均値を基礎とし、且つタワーの周波数を基礎とする。装置に関する解決手段は、電力コントローラと変換器との間に合算ユニットが設けられており、合算ユニットは、電力基準信号が変換器の制御に使用される前に、電力基準信号に変可変の電力オフセット信号が加えられるように電力コントローラおよび変換器と接続されており、可変の電力オフセット信号は電力基準信号の平均値を基礎とし、且つタワーの周波数を基礎とする。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

タワー振動を減衰する方法であって、
タワーの頂部に設けられている発電機 (M) によって回転を電力に変換し、
前記電力を変換器 (CONV) によって交流電流から直流電流に変換し、該直流電流を再び交流電流に変換し、

前記変換器 (CONV) は供給された電力の制御に電力基準信号 (PowerRef) を使用する、タワー振動を減衰する方法において、

前記電力基準信号 (PowerRef) が制御に使用される前に、該電力基準信号 (PowerRef) に可変の電力オフセット信号 (PowerOffset) を加え、

前記可変の電力オフセット信号 (PowerOffset) は前記電力基準信号 (PowerRef) の平均値 (MPV) を基礎とし、且つ前記タワーの周波数 (ATF) を基礎とすることを特徴とする、タワー振動を減衰する方法。

【請求項 2】

前記可変の電力オフセット信号 (PowerOffset) を、前記電力基準信号 (PowerRef) の平均値 (MPV) を表す第 1 の信号と、前記タワーの周波数 (ATF) を表す第 2 の信号との乗算によって算出する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記電力基準信号 (PowerRef) の平均値 (MPV) を選択された期間に依存して算出する、請求項 1 または 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記タワーの周波数 (ATF) を、

タワーの振動信号の測定によって、

前記振動信号からの干渉信号の除去によって、および、

干渉のない信号の振幅の調整によって決定する、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 5】

前記可変の電力オフセット信号 (PowerOffset) を、該可変の電力オフセット信号 (PowerOffset) が前記電力基準信号 (PowerRef) に加えられる前にクリッピングなく飽和させる、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 6】

ソフトサチュレーションを、

前記第 1 の信号と前記第 2 の信号の乗算によってタワー振動信号 (TOS) を算出し、

前記タワー振動信号 (TOS) と乗算される利得係数を選択し、

前記タワー振動信号 (TOS) のピーク値が所定の飽和限界に達すると、前記利得係数を動的に低減することによって実施し、

前記可変の電力オフセット信号 (PowerOffset) を前記飽和限界以下に維持する、請求項 5 および 2 記載の方法。

【請求項 7】

風力タービンのタワー振動を減衰する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載の方法によりタワー振動を減衰する装置であって、

回転を電力に変換する発電機 (M) と、

前記発電機 (M) と接続されており、且つ周波数変動 AC 電力を、接続されている電線網に適合された静的な AC 電力に変換する変換器 (CONV) と、

前記変換器 (CONV) に接続されている電力コントローラ (PWC) とを有し、該電力コントローラ (PWC) の電力基準信号 (PowerRef) が前記回転から得られた電力を定格電力値に調整するために前記変換器 (CONV) の制御に使用される、タワー振動を減衰する装置において、

10

20

30

40

50

前記電力コントローラ（PWC）と前記変換器（CONV）との間に合算ユニット（SUM）が設けられており、該合算ユニット（SUM）は、前記電力基準信号（PowerRef）が前記変換器（CONV）の制御に使用される前に、該電力基準信号（PowerRef）に可変の電力オフセット信号（PowerOffset）が加えられるように前記電力コントローラ（PWC）および前記変換器（CONV）と接続されており、

前記可変の電力オフセット信号（PowerOffset）は前記電力基準信号（PowerRef）の平均値（MPV）を基礎とし、且つ前記タワーの周波数（ATF）を基礎とすることを特徴とする、タワー振動を減衰する装置。

【請求項 9】

前記電力コントローラ（PWC）は第 1 の乗算器（MUL1）と接続されており、該第 1 の乗算器（MUL1）は、前記電力コントローラ（PWC）の前記電力基準信号（PowerRef）の平均値（MPV）と、前記タワーの周波数（ATF）とを乗算することによって前記可変の電力オフセット信号（PowerOffset）を算出する、請求項 8 記載の装置。 10

【請求項 10】

前記電力コントローラ（PWC）はフィルタリング用のユニット（LPF）を介して前記第 1 の乗算器（MUL1）と接続されており、前記フィルタリング用のユニット（LPF）は所定の期間に依存して、前記電力基準信号（PowerRef）の前記平均値（MPV）を算出する、請求項 9 記載の装置。

【請求項 11】

加速度計（ACC）が設けられており、該加速度計（ACC）は前記タワーの振動信号を測定し、 20

フィルタリングおよび位相調整用のユニット（FPA）が設けられており、該フィルタリングおよび位相調整用のユニット（FPA）は前記加速度計（ACC）と接続されており、且つ測定された前記振動信号から干渉信号を除去し、

ダンブゲインユニット（DG）が設けられており、該ダンブゲインユニット（DG）は前記フィルタリングおよび位相調整用のユニット（FPA）と接続されており、且つ前記タワーの周波数（ATF）を表す干渉のない前記振動信号の振幅を調整し、

前記ダンブゲインユニット（DG）は前記第 1 の乗算器（MUL1）と接続されており、且つ乗算によって前記可変の電力オフセット信号（PowerOffset）を算出する、請求項 8 または 9 記載の装置。 30

【請求項 12】

サチュレーションユニット（Ss）が前記第 1 の乗算器（MUL1）と前記合算ユニット（SUM）との間に設けられており、該サチュレーションユニット（Ss）は、前記可変の電力オフセット信号（PowerOffset）が前記変換器（CONV）の制御に使用される前に、クリッピングなく前記可変の電力オフセット信号を（PowerOffset）飽和させる、請求項 8 から 11 までのいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 13】

前記タワーには風力タービンまたはナセルが設けられている、請求項 8 から 12 までのいずれか 1 項記載の装置。

【発明の詳細な説明】 40

【技術分野】

【0001】

本発明は、タワー振動を減衰する方法および装置に関する。殊に、本発明は頂部にナセルが設けられている風力タービンのタワーに関する。

【背景技術】

【0002】

風力タービンタワーが振動していると、タワーの運動が生じることになる。これにより大きな負荷が生じ、この負荷はウィンドタワーに取り付けられているヨー系、風力タービンナセル内の歯車、またタワー自体に作用する。

【0003】 50

この作用をタワー振動のいわゆる「アクティブダンピング (active damping)」によって、すなわちタワー振動を能動的に減衰することによって低減することが公知である。

【 0 0 0 4 】

特許文献 1 には、制御トルクに基づいて振動を減衰するための手段が開示されている。風力タービン用の振動減衰系がタワーに取り付けられている。この振動減衰系は振動ダンパを有し、この振動ダンパはトルクを制御するために可変の信号を使用する。可変の信号は発電機を速度を基礎としている。

【 0 0 0 5 】

タワー振動を処理するための別の手段として、タワーの運動によって惹起される余剰の力に耐えるには十分な強度を有するように関連する機械構造を設計することが考えられる。

10

【 0 0 0 6 】

さらには、関連する尖った部品は摩損や破損に起因して頻繁に交換されなければならない。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 US 7,309,930 B2

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

20

【 0 0 0 8 】

本発明の課題は、風力タービンのタワー振動を減衰するための改善された方法および装置を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

方法に関する課題は、電力基準信号が制御に使用される前に、この電力基準信号に可変の電力オフセット信号を加え、可変の電力オフセット信号は電力基準信号の平均値を基礎とし、且つタワーの周波数を基礎とすることによって解決される。

【 0 0 1 0 】

また装置に関する課題は、電力コントローラと変換器との間に合算ユニットが設けられており、この合算ユニットは、電力基準信号が変換器の制御に使用される前に、この電力基準信号に可変の電力オフセット信号が加えられるように電力コントローラおよび変換器と接続されており、可変の電力オフセット信号は電力基準信号の平均値を基礎とし、且つタワーの周波数を基礎とすることによって解決される。

30

【 0 0 1 1 】

タワー振動を減衰するための本発明の方法によれば、回転がタワーの頂部に配置されている発電機によって電力に変換される。電力は変換器によって交流電流から直流電流に変換され、再び交流電流に変換される。供給された電力を制御するために電力基準信号が使用される。電力基準信号が制御に使用される前に、この電力基準信号には可変の電力オフセット信号が加えられる。可変の電力オフセット信号は電力基準信号の平均値を基礎とし

40

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、タワーのトルクが別の電力によって発振されるように電力調整点が変更される。この電力はタワー振動と同じ周波数を示すが、適合された位相シフトを示す。位相シフトは、タワー振動が低減されるように適合されており、典型的には 180° の位相シフトが使用される。

【 0 0 1 3 】

有利な実施形態においては、タワー振動またはタワー揺動が G センサにより測定される。このセンサをタワーの頂部または風力タービンのナセル内などに配置することができる。

50

【 0 0 1 4 】

センサの信号はフィルタリングされ、最適化された位相シフトを得るために遅延される。続いてこの位相シフトされた信号は平均電力基準信号と乗算され、タワー振動の減衰に使用されるべき信号の電力が平均電力基準信号でスケーリングされることが保証される。

【 0 0 1 5 】

電力基準信号が変換器の制御に使用される前に、この電力基準信号に減衰信号が加えられる。

【 0 0 1 6 】

有利な実施形態においては、乗算により形成された信号がソフトサチュレータ (soft-saturator) 機能によって飽和される。このような信号の飽和は信号の振幅が大きくなりすぎないことを保証するために実施される。信号の振幅が大きくなりすぎると風力タービンが損傷するか、風力タービンにおける大きな負荷が惹起される虞がある。ソフトサチュレーションによってタワー周波数の高調波が回避される。

10

【 0 0 1 7 】

上述の従来技術においては、発電機の速度信号がタワー振動を減衰するための制御系の重要な部分である。平均電力が低減されており、且つ回転速度が一定である場合には、電力基準信号の減衰に関して特許文献 1 に記載されているような基準としてのトルクが使用されることによって、減衰された電力基準信号と平均電力基準信号の関係性が強くなってしまう。これによって電線網における高フリッカーレベルが生じる。これとは異なり、本発明によれば電線網においてより低いフリッカーレベルが問題なく得られる。

20

【 0 0 1 8 】

本発明による乗算によって電力基準信号を調整することにより達成される改善は、調整された電力基準信号が平均電力信号との一定の関係を示すことである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】タワー振動を減衰するための本発明による方法のブロック図を示す。

【 図 2 】図 1 に関連する、ソフトサチュレータ機能を実施するための実施例を示す。

【 実施例 】

【 0 0 2 0 】

図 1 によれば、風力タービンのナセルは風を受けて回転する複数のブレード B L を有している。結果として生じる回転は発電機またはモータ M に作用し、生じた回転は電力に変換される。

30

【 0 0 2 1 】

周波数変動 A C 電力は、接続されている電線網に適合させるために静的な周波数に変換される。この変換は変換器 C O N V によって行われる。この変換器 C O N V は発電機コンバータおよび電線網インバータの組合せからなる。

【 0 0 2 2 】

発電機コンバータは交流電流を直流電流に変換する。電線網インバータは直流電流を、接続されている電線網に適合されている周波数を有する交流電流に再び変換する。

【 0 0 2 3 】

電力コントローラ P W C は回転から得られた電力を定格電力値に調整するために使用される。この制御は変換器 C O N V に供給される電力基準信号 PowerRef を用いて実施される。

40

【 0 0 2 4 】

定格電力値に達すると、電力基準信号 PowerRef は一定に維持される。

【 0 0 2 5 】

電力コントローラ P W C の電力基準信号 PowerRef は合算ユニット S U M を介して変換器 C O N V に供給される。電力基準信号 PowerRef は変換器 C O N V に到達する前に、合算ユニット S U M によって修正される。つまり電力基準信号 PowerRef は第 1 の入力信号として合算ユニット S U M に供給される。

50

【 0 0 2 6 】

電力基準信号PowerRefは、修正に関して、合算ユニットSUMに対する第2の入力信号を形成するためにも使用される。

【 0 0 2 7 】

電力基準信号PowerRefはローパスフィルタLPFにも供給される。ローパスフィルタLPFは選択された期間に依存して平均電力値MPVを算出する。一般的に数秒の期間が使用される。

【 0 0 2 8 】

算出された平均電力値MPVは入力信号として第1の乗算ユニットMUL1に供給される。

10

【 0 0 2 9 】

加速度計ACCが設けられており、この加速度計ACCはタワーの振動信号を測定するために使用される。例えばこのために、タワーの頂部に配置されているか、風力タービンのナセル内に配置されている、いわゆる「Gセンサ」を使用することができる。

【 0 0 3 0 】

しかしながらこの振動信号は雑音のような他の信号による干渉を受けているので、測定された振動信号から干渉信号を除去するためにフィルタリングおよび位相調整ユニットFPAが使用されるべきである。

【 0 0 3 1 】

したがって、加速信号ACC_Xおよびタワー周波数信号TwrFrqが測定され、フィルタリングおよび位相調整ユニットFPAのフィルタセッティングおよび遅延セッティングの調整に使用される。

20

【 0 0 3 2 】

続いてフィルタリングおよび位相調整ユニットFPAはダンブゲインユニットDGに対する入力信号として使用されるべき出力信号を形成する。

【 0 0 3 3 】

ダンブゲインユニットDGは、後に必要とされる計算のために使用される振幅を有する加速信号ACC_Xを表す信号を形成するための入力信号の振幅調整に使用される。

【 0 0 3 4 】

これにより目下のタワー周波数ATFが得られ、この目下のタワー周波数ATFは入力信号として第1の乗算ユニットMUL1に供給される。

30

【 0 0 3 5 】

第1の乗算ユニットMUL1は出力信号としてのタワー振動信号TOSを算出する。このタワー振動信号TOSは、以下に説明するようないわゆる「ソフトサチュレート機能」を実施するソフトサチュレートユニットSsによって飽和される。飽和の結果、出力信号PowerOffsetが「ソフトサチュレート」ユニットによって形成される。

【 0 0 3 6 】

ソフトサチュレート機能は利得を有し、この利得は0と1の間で動的に調整される。タワー振動信号TOSのピーク値が所定の飽和限界に達すると、利得が低減される。つまり出力信号PowerOffsetは飽和限界以下に維持される。

40

【 0 0 3 7 】

タワー振動信号TOSのピーク値が低減されると、利得は再び段階的に動的に高められる。

【 0 0 3 8 】

ソフトサチュレート機能については下記において図2を参照しながら説明する。

【 0 0 3 9 】

電力基準信号PowerRefおよび出力信号PowerOffsetが合算ユニットSUMによって合算され、修正された電力基準信号PowerRefAdjが形成され、変換器CONVに供給される。

【 0 0 4 0 】

この調整された電力基準信号PowerRefAdjは上記のような変換器CONVの制御に使用

50

される。

【 0 0 4 1 】

図 2 は、図 1 に関連する、ソフトサチュレート機能を実施するための実施例を示す。

【 0 0 4 2 】

第 2 の乗算ユニット M U L 2 の出力信号 O S S は入力信号としてサチュレーションユニット S A T に供給される。このサチュレーションユニット S A T は、出力信号 o u t s となる信号の最大レベルを規定するために信号 O S S を飽和させる。

【 0 0 4 3 】

信号 O S S と信号 o u t s の差分信号 D I F F は第 1 の偏差ユニット D E V 1 によって算出される。続いて、差分信号 D I F F の絶対値が算出され、その数値が係数「 K 」と乗算され、ステアリング信号 S S が算出される。

10

【 0 0 4 4 】

係数 K はどれ程の速さで信号 O S S が低減されるべきかを表す。

【 0 0 4 5 】

ステアリング信号 S S は信号 O S S の飽和を表す。

【 0 0 4 6 】

ステアリング信号 S S は入力信号として第 2 の偏差ユニット D E V 2 に供給される。解放時間 R T も別の入力信号として第 2 の偏差ユニット D E V 2 に供給される。

【 0 0 4 7 】

第 2 の偏差ユニット D E V 2 の出力信号は基準値 R W を選択するために使用され、この基準値 R W はメモリユニット M E M を介して、入力信号として第 2 の乗算ユニット M U L 2 に供給され、且つ入力信号として第 2 の偏差ユニット D E V 2 にフィードバックされる。

20

【 0 0 4 8 】

第 2 の偏差ユニット D E V 2 は上述の入力信号間の差分を算出する。

【 0 0 4 9 】

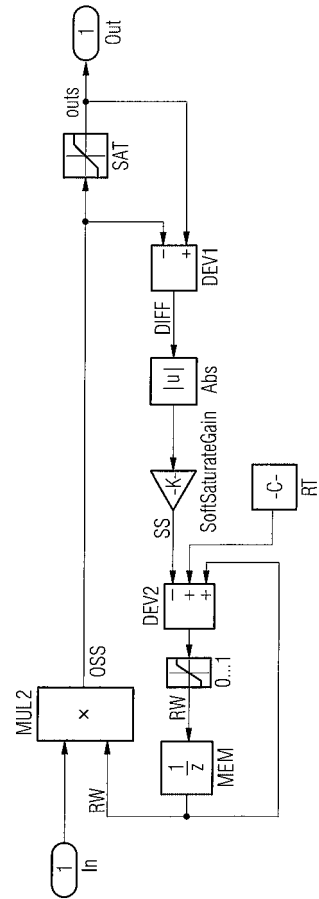
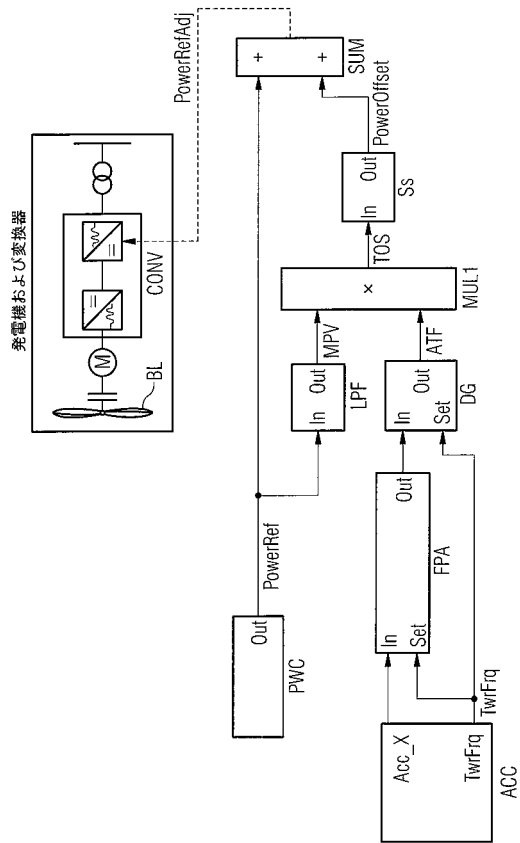
基準値 R W は通常の場合「 1 」となる。サチュレーションユニット S A T が信号 O S S をクリップする場合には、基準値 R W は「 0 」に向かって変化する。

【 0 0 5 0 】

上述のループに基づき、基準値 R W により低減された信号 O S S が生じる。基準値 R W はサチュレーションユニット S A T 内での信号 O S S のクリッピングを回避するために使用される。

30

【 図 2 】



フロントページの続き

(74)代理人 100099483
弁理士 久野 琢也
(74)代理人 100110593
弁理士 杉本 博司
(74)代理人 100112793
弁理士 高橋 佳大
(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 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 マルティン ビャルゲ
デンマーク国 ヘールニン ピェートストループヴェイ 14 イ
(72)発明者 ペール イェゲダール
デンマーク国 ヘールニン クローヴェイエン 37
Fターム(参考) 3H078 AA02 AA26 BB15 CC22 CC47 CC56 CC61