

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3918837号  
(P3918837)

(45) 発行日 平成19年5月23日(2007.5.23)

(24) 登録日 平成19年2月23日(2007.2.23)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 P 9/00 (2006.01)

H O 2 P 9/00

F

F O 3 D 7/04 (2006.01)

F O 3 D 7/04

A

F O 3 D 9/00 (2006.01)

F O 3 D 9/00

B

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-230058 (P2004-230058)  
 (22) 出願日 平成16年8月6日(2004.8.6)  
 (65) 公開番号 特開2006-50835 (P2006-50835A)  
 (43) 公開日 平成18年2月16日(2006.2.16)  
 審査請求日 平成18年9月13日(2006.9.13)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000005108  
 株式会社日立製作所  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号  
 (74) 代理人 100100310  
 弁理士 井上 学  
 (72) 発明者 菊池 輝  
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号  
 株式会社 日立製作  
 所 日立研究所内  
 (72) 発明者 一瀬 雅哉  
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号  
 株式会社 日立製作  
 所 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 風力発電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

風車と、該風車の軸に回転子を接続した同期発電機と、該同期発電機の固定子巻線に接続した変換器と、該変換器の制御装置と、前記変換器の直流側と電力系統とに接続された別の変換器とを備え、前記同期発電機が出力する可変周波数の交流電力を前記変換器で直流電力に変換し、該直流電力を前記別の変換器で固定周波数の交流電力に変換して出力する可変速駆動の風力発電装置において、

前記制御装置が、前記風車の回転速度を検出する速度検出器と、前記速度検出器が出力する速度検出値を入力する速度制御器と、前記同期発電機が出力する電力を検出する電力検出器と、前記電力検出器が出力する有効電力検出値を入力する有効電力制御器とを備え

10

、  
 前記速度制御器は、前記速度検出値が所定の領域にある場合には、発電機出力に関する指令を前記有効電力制御器へ有効電力指令として出力し、前記速度検出値が所定の領域から外れる場合には、発電機出力に関する指令を前記速度検出値に基づいて修正し、該修正した指令を前記有効電力制御器へ有効電力指令として出力することを特徴とする風力発電装置。

【請求項2】

風車と、該風車の軸に回転子を接続した二次励磁発電機と、該二次励磁発電機の回転子巻線に接続した変換器と、該変換器の制御装置と、前記変換器の直流側と電力系統とに接続された別の変換器とを備え、前記変換器が前記二次励磁発電機の回転子巻線を交流励磁

20

し、前記二次励磁発電機の固定子巻線は電力系統に接続されて固定周波数の交流電力を出力する可変速駆動の風力発電装置において、

前記制御装置が、前記風車の回転速度を検出する速度検出器と、前記速度検出器が出力する速度検出値を入力する速度制御器と、前記二次励磁発電機が出力する電力を検出する電力検出器と、前記電力検出器が出力する有効電力検出値を入力する有効電力制御器とを備え、

前記速度制御器は、前記速度検出値が所定の領域にある場合には、発電機出力に関する指令を前記有効電力制御器へ有効電力指令として出力し、前記速度検出値が所定の領域から外れる場合には、発電機出力に関する指令を前記速度検出値に基づいて修正し、該修正した指令を前記有効電力制御器へ有効電力指令として出力することを特徴とする風力発電装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は風力発電装置に関し、特に風車の回転速度を維持することで風車の連続運転を可能とする風力発電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来技術の風力発電システムを説明する。風車は発電機に接続され、風のパワーによって風車が回転し、風車が発電機を駆動することで発電機が発電する。発電機として同期発電機を用いる場合は、発電機の固定子は順変換器に接続されて、発電機の出力する交流電力が変換器により直流電力に変換されて、さらに逆変換器により商用周波数の交流電力に変換されて電力系統に供給される。変換器は外部から与えられる電力指令に従って発電機の出力を制御する。このような構成の風力発電システムの一例が、特許文献1に記載されている。

20

【0003】

風力発電システムは風速の変動に大きく影響されて風車の回転速度が変動する。風車の回転速度が運転範囲を逸脱する場合には通常は風車を保護するために運転を停止する。そこで、従来は風速が変動する場合には風速に応じて風車のブレードのピッチ角を制御したり、変換器へ与える電力指令を風速に応じて調整し、風車の回転速度変動を抑制している。

30

【0004】

【特許文献1】特開2002-233193号公報((0029)段落から(0031)段落の記載。)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、風速に応じて風車のブレードを駆動してピッチ角を制御することは機械的動作を含むために応答性が高くなく、風速に応じて変換器へ与える電力指令を調整する際も、通常は平均風速に基づいたパワーカーブにより決定するために、過渡的な風速の変化に追従することが困難である。このため、風速が急変する時に風車の回転速度が運転範囲を逸脱して風車が停止する場合があります、このような場合には再度風車を起動させる必要がある。

40

【0006】

しかしながら、風車発電量を増加させるためには、風速が急変する場合にもできるだけ風車が連続運転できることが望ましい。風車発電量が増加すれば風車発電コストを低減できるため、風車を連続運転して風車利用率を向上することが重要である。また、風車を連続運転できれば風車を系統に連系する開閉器等の動作回数が低減し、それらの機器の長寿命化も図れる。

【0007】

50

本発明の目的は、風速が急変する場合にも、風車の回転速度を運転範囲内に制御し、風車の連続運転を行うことで風車利用率の向上を図る風力発電装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の風力発電装置は、風車の軸に接続した発電機と前記発電機に接続する変換器を備え、前記風車の回転速度が所定の領域にある場合には前記発電機から出力される電力を前記風車から前記変換器へ与えられる発電機出力に関する指令に追従するように制御し、前記風車の回転速度が所定の領域から外れる場合には前記発電機から出力される電力を前記風車から前記変換器へ与えられる発電機出力に関する指令に追従せずに制御する。

【0009】

本発明の風力発電装置は、前記風車の回転速度が所定の領域にある場合には前記発電機から出力される電力を前記風車から前記変換器へ与えられる発電機トルクに関する指令に前記風車の回転速度を乗じた値に追従するように制御し、前記風車の回転速度が所定の領域から外れる場合には前記発電機から出力される電力を前記風車から前記変換器へ与えられる発電機トルクに関する指令に前記風車の回転速度を乗じた値に追従せずに制御する。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、風車の回転速度が設定範囲内にある場合には外部から与えられる指令に従って風車の出力を制御することができ、風車の回転速度が設定範囲を逸脱した場合には風車の回転速度を設定範囲内で抑えるように速度制御を行うので、風速が変動した場合に風車の停止を避けることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の詳細を図面を用いて説明する。

【実施例1】

【0012】

図1は本実施例の全体構成を示す。図1に示す同期発電機2の回転子は風車1の軸に接続し、風車1が風速に応じた風のパワーで回転すると、同期発電機2は風車1の回転速度に応じた可変周波数の交流電力を発生する。同期発電機2の固定子には変換器3が接続し、同期発電機2が発生する可変周波数の交流電力を変換器3により直流電力に変換する。変換器3は直流コンデンサ4を介し、変換器5に直流で接続しており、変換器5は変換器3から送られる直流電力を固定周波数の交流電力に変換する。変換器5は系統連系用変圧器6を介して電力系統に接続しており、固定周波数の交流電力を電力系統に供給する。

【0013】

同期発電機2と変換器3との間には電圧検出センサ7と電流検出センサ8が設置されており、電圧検出センサ7は同期発電機2の固定子の端子電圧を、電流検出センサ8は同期発電機2の固定子に流れる電流をそれぞれ検出する。検出した電圧値を3相/2相変換器9によってd軸成分 $V_d$ とq軸成分 $V_q$ とに変換し、検出した電流値を3相/2相変換器10によってd軸成分 $I_d$ とq軸成分 $I_q$ に変換する。なお、本実施例では、d軸成分は無効成分を、q軸成分は有効成分を表す。

【0014】

速度検出器11は3相/2相変換器9、10が出力する $V_d$ 、 $V_q$ 、 $I_d$ 、 $I_q$ の信号に基づいて、風車1の回転速度及び同期発電機2の回転子位相を検出する。

【0015】

電力検出器12は3相/2相変換器9、10が出力する $V_d$ 、 $V_q$ 、 $I_d$ 、 $I_q$ の信号に基づいて、同期発電機2の出力する有効電力P及び無効電力Qを検出する。

【0016】

速度制御器13は、予め定められたパワーカーブと風車で計測された風速とから求めた出力に応じて外部から同期発電機2へ与えられる有効電力指令 $P_c$ を、速度検出器11の検出する回転速度検出値に応じて修正し、同期発電機2へ修正した有効電力指令P

10

20

30

40

50

$r_{ref}$  を出力する。

【0017】

無効電力指令演算器 14 は速度制御器 13 が出力する同期発電機 2 への有効電力指令  $P_{ref}$  から同期発電機 2 への無効電力指令  $Q_{ref}$  を出力する。無効電力指令  $Q_{ref}$  は同期発電機 2 の力率を調整するために設定される。

【0018】

有効電力制御器 15 の入力 は速度制御器 13 の出力する有効電力指令  $P_{ref}$  と電力検出器 12 が出力する有効電力検出値  $P$  とであり、有効電力制御器 15 の出力は変換器 3 への電流指令の  $q$  軸成分  $I_{q_{ref}}$  となる。有効電力制御器 15 は例えば比例積分制御系により構成され、有効電力指令  $P_{ref}$  と有効電力検出値  $P$  の偏差が零になるように変換器 3 への電流指令  $I_{q_{ref}}$  を決定する。

10

【0019】

無効電力制御器 16 の入力は無効電力指令演算器 14 の出力する無効電力指令  $Q_{ref}$  と電力検出器 12 の検出する無効電力検出値  $Q$  であり、出力は変換器 3 への電流指令の  $d$  軸成分  $I_{d_{ref}}$  となる。無効電力制御器 16 は例えば比例積分制御系により構成され、無効電力指令  $Q_{ref}$  と無効電力検出値  $Q$  の偏差が零になるように変換器 3 への電流指令  $I_{d_{ref}}$  を決定する。

【0020】

$q$  軸電流制御器 17 の入力 は 3 相 / 2 相変換器 10 が出力する電流検出値の  $q$  軸成分  $I_q$  と変換器 3 への電流指令の  $q$  軸成分  $I_{q_{ref}}$  であり、出力は変換器 3 への出力電圧指令の  $q$  軸成分  $V_{q_{ref}}$  となる。 $q$  軸電流制御器 17 は例えば比例積分制御系により構成され、電流検出値  $I_q$  と電流指令  $I_{q_{ref}}$  の偏差が零になるように変換器 3 への出力電圧指令  $V_{q_{ref}}$  を決定する。

20

【0021】

$d$  軸電流制御器 18 の入力 は 3 相 / 2 相変換器 10 が出力する電流検出値の  $d$  軸成分  $I_d$  と変換器 3 への電流指令の  $d$  軸成分  $I_{d_{ref}}$  であり、出力は変換器 3 への出力電圧指令の  $d$  軸成分  $V_{d_{ref}}$  となる。 $d$  軸電流制御器 18 は例えば比例積分制御系により構成され、電流検出値  $I_d$  と電流指令  $I_{d_{ref}}$  の偏差が零になるように変換器 3 への出力電圧指令  $V_{d_{ref}}$  を決定する。

【0022】

$q$  軸電流制御器 17 及び  $d$  軸電流制御器 18 の出力する出力電圧指令の  $q$  軸成分  $V_{q_{ref}}$  及び  $d$  軸成分  $V_{d_{ref}}$  は 2 相 / 3 相変換器 19 により 3 相の出力電圧指令  $V_{uvw_{ref}}$  に変換される。

30

【0023】

パルス発生器 20 は 2 相 / 3 相変換器 19 の出力する 3 相の出力電圧指令  $V_{uvw_{ref}}$  に基づいて、PWM (Pulse Width Modulation) により変換器 3 へのゲートパルス信号を出力する。変換器 3 はゲートパルス信号を受け、IGBT やパワー MOSFET 等の電力半導体スイッチング素子が高速にスイッチングを行うことで、変換器 3 は指令に応じた電圧を出力する。

【0024】

図 2 に速度制御器 13 の詳細な構成を示す。速度制御器 13 はリミッタ 21 と減算器 22 と有効電力修正指令演算器 23 と変化率リミッタ 24 と加算器 25 とを備えている。リミッタ 21 の入力 は速度検出器 11 の検出する回転速度検出値 であり、リミッタ 21 の上限値及び下限値は風車 1 の回転速度の上限値  $\omega_{max}$  及び下限値  $\omega_{min}$  でそれぞれ与えられる。減算器 22 は回転速度検出値 とリミッタ 21 の出力との差分を演算する。有効電力修正指令演算器 23 は減算器 22 の出力に基づいて、有効電力修正指令  $P_1$  を演算する。有効電力修正指令演算器 23 は例えば比例積分制御系で構成され、さらにその入力が零になった場合はその積分値をリセットし、その出力を零にする。変化率リミッタ 24 は定常的には有効電力修正指令演算器 23 の出力する有効電力修正指令  $P_1$  をそのまま出力するが、その出力の変化率をある一定範囲内に抑える機能を備え、その出力を

40

50

P 2 とする。加算器 2 5 は変化率リミッタの出力 P 2 と外部から与えられる有効電力指令 P<sub>c</sub> とを加算し、同期発電機 2 への有効電力指令 P<sub>ref</sub> を出力する。

【 0 0 2 5 】

次に、速度制御器 1 3 の動作を説明する。図 3 に速度制御器 1 3 の動作波形の例を示す。速度検出器 1 1 が検出する回転速度検出値 がリミッタ 2 1 の上限値  $\_max$  と下限値  $\_min$  との間にある場合は減算器 2 2 の出力は零になるので、有効電力修正指令演算器 2 3 が出力する有効電力修正指令 P 1 はリセットされて零となり、変化率リミッタ 2 4 の出力 P 2 も定常的には零となる。従って、加算器 2 5 の出力 P<sub>ref</sub> は外部から与えられる有効電力指令 P<sub>c</sub> に一致する。すなわち、回転速度検出値 が風車 1 の回転速度の上限値  $\_max$  と下限値  $\_min$  の間にある場合は、速度制御器 1 3 は外部 10 から与えられる有効電力指令 P<sub>c</sub> をそのまま同期発電機 2 への有効電力指令 P<sub>ref</sub> として出力する。

【 0 0 2 6 】

一方、速度検出器 1 1 の検出する回転速度検出値 がリミッタ 2 1 の上限値  $\_max$  よりも大きい場合は減算器 2 2 の出力は正となるので、有効電力修正指令演算器 2 3 の出力する有効電力修正指令 P 1 は増加し、変化率リミッタ 2 4 の出力 P 2 も増加する。従って、加算器 2 5 の出力 P<sub>ref</sub> は外部から与えられる有効電力指令 P<sub>c</sub> よりも大きな値を出力する。すなわち、回転速度検出値 が風車 1 の回転速度の上限値  $\_max$  よりも大きい場合には、速度制御器 1 3 は同期発電機 2 への有効電力指令 P<sub>ref</sub> を増やす方向へ修正し、この修正は速度検出器 1 1 の検出する回転速度検出値 がリミッタ 2 1 20 の上限値  $\_max$  を下回るまで継続される。風から風車 1 のブレードへ与えられるパワーよりも同期発電機 2 の出力する有効電力が大きくなると、風車 1 の回転速度が減少するので、回転速度検出値 が上限値  $\_max$  よりも大きい場合には風車 1 の回転速度を減少させる方向へ修正が働くことになる。

【 0 0 2 7 】

逆に、速度検出器 1 1 の検出する回転速度検出値 がリミッタ 2 1 の下限値  $\_min$  よりも小さい場合は減算器 2 2 の出力は負となるので、有効電力修正指令演算器 2 3 の出力する有効電力修正指令 P 1 は減少し、変化率リミッタ 2 4 の出力 P 2 も減少する。従って、加算器 2 5 の出力 P<sub>ref</sub> は外部から与えられる有効電力指令 P<sub>c</sub> よりも小さな値を出力する。すなわち、回転速度検出値 が風車 1 の回転速度の下限値  $\_min$  よりも小さい場合には、速度制御器 1 3 は同期発電機 2 への有効電力指令 P<sub>ref</sub> を減らす方向へ修正し、この修正は速度検出器 1 1 の検出する回転速度検出値 がリミッタ 2 1 30 の下限値  $\_min$  を上回るまで継続される。風から風車 1 のブレードへ与えられるパワーよりも同期発電機 2 の出力する有効電力が小さくなると、風車 1 の回転速度が増加するので、回転速度検出値 が下限値  $\_min$  よりも小さい場合には風車 1 の回転速度を増加させる方向へこの修正が働くことになる。

【 0 0 2 8 】

以上の速度制御器 1 3 の動作により、風車 1 の回転速度が設定範囲を逸脱した場合に風車 1 の回転速度を設定範囲内で抑えるように速度制御を行い、風車 1 の回転速度が設定範囲内の場合には外部から与えられる有効電力指令に従って有効電力制御する。本実施例に示 40 すように、風速が急変する場合にも風車の連続運転が可能なので、風車利用率が向上して、風車発電量の増加が図れ、風車発電コストを低減できる。さらに風車を連続運転できるので風車を系統に連系する開閉器等の動作回数が低減し、それらの機器の寿命を長くできる。

【 実施例 2 】

【 0 0 2 9 】

図 4 に二次励磁発電機を用いた本実施例の全体構成を示す。図 4 において、二次励磁発電機 2 6 の回転子が風車 1 の軸に接続し、風車 1 が風速に応じた風のパワーで回転すると、固定子が電力系統に接続した二次励磁発電機 2 6 が系統周波数に一致した交流電力を電力系統に供給する。二次励磁発電機 2 6 の回転子には変換器 2 7 が接続し、変換器 2 7 が 50

二次励磁発電機 26 の回転子を交流励磁する。変換器 27 は直流コンデンサ 28 を介し、変換器 29 に直流で接続し、変換器 29 は変換器 27 に励磁電力を供給する。変換器 29 は系統連系用変圧器 6 を介して電力系統に接続される。

【0030】

二次励磁発電機 26 と変換器 27 との間には電圧検出センサ 30 と電流検出センサ 31 とが設置されており、電圧検出センサ 30 は二次励磁発電機 26 の回転子の端子電圧を、電流検出センサ 31 は二次励磁発電機 26 の回転子に流れる電流をそれぞれ検出する。検出した電圧値は 3 相 / 2 相変換器 32 によって d 軸成分  $V_{r\_d}$  と q 軸成分  $V_{r\_q}$  とに変換され、検出した電流値は 3 相 / 2 相変換器 33 によって d 軸成分  $I_{r\_d}$  と q 軸成分  $I_{r\_q}$  に変換される。

10

【0031】

二次励磁発電機 26 と系統連系用変圧器 6 との間には電圧検出センサ 35 と電流検出センサ 36 が設置されており、電圧検出センサ 35 は系統電圧を、電流検出センサ 36 は電力系統へ流れる電流をそれぞれ検出する。検出した電圧値は 3 相 / 2 相変換器 37 で d 軸成分  $V_{s\_d}$  と q 軸成分  $V_{s\_q}$  とに変換し、検出した電流値は 3 相 / 2 相変換器 38 で d 軸成分  $I_{s\_d}$  と q 軸成分  $I_{s\_q}$  に変換する。

【0032】

速度検出器 34 は 3 相 / 2 相変換器 32、33、37、38 が出力する  $V_{r\_d}$ 、 $V_{r\_q}$ 、 $I_{r\_d}$ 、 $I_{r\_q}$ 、 $V_{s\_d}$ 、 $V_{s\_q}$ 、 $I_{s\_d}$ 、 $I_{s\_q}$  の信号に基づいて、風車 1 の回転速度 と、二次励磁発電機 26 の回転子位相  $r$  と、系統電圧位相  $s$  とを検出する。

20

【0033】

電力検出器 12 は 3 相 / 2 相変換器 37、38 が出力する  $V_{s\_d}$ 、 $V_{s\_q}$ 、 $I_{s\_d}$ 、 $I_{s\_q}$  の信号に基づいて、二次励磁発電機 26 が出力する有効電力  $P$  と無効電力  $Q$  とを検出する。

【0034】

速度制御器 13 は、予め定められたパワーカーブと風車で計測された風速とから求めた出力に応じて外部から二次励磁発電機 26 へ与えられる有効電力指令  $P_{ref}$  を、速度検出器 34 の検出する回転速度検出値 に応じて修正し、二次励磁発電機 26 へ修正した有効電力指令  $P_{ref}$  を出力する。ここで、速度制御器 13 は、実施例 1 と同様の構成である。

30

【0035】

無効電力指令演算器 14 は、速度制御器 13 が出力する二次励磁発電機 26 への有効電力指令  $P_{ref}$  から二次励磁発電機 26 への無効電力指令  $Q_{ref}$  を出力する。無効電力指令  $Q_{ref}$  は系統との連系点の力率を調整するために設定される。

【0036】

有効電力制御器 15 の入力は、速度制御器 13 の出力する有効電力指令  $P_{ref}$  と電力検出器 12 の検出する有効電力検出値  $P$  であり、有効電力制御器 15 の出力が変換器 27 への電流指令の q 軸成分  $I_{r\_q\_ref}$  になる。有効電力制御器 15 は例えば比例積分制御系により構成され、有効電力指令  $P_{ref}$  と有効電力検出値  $P$  の偏差が零になるように変換器 27 への電流指令  $I_{r\_q\_ref}$  を決定する。

40

【0037】

無効電力制御器 16 の入力は、無効電力指令演算器 14 が出力する無効電力指令  $Q_{ref}$  と電力検出器 12 の検出する無効電力検出値  $Q$  であり、無効電力制御器 16 の出力が変換器 27 への電流指令の d 軸成分  $I_{r\_d\_ref}$  になる。無効電力制御器 16 は例えば比例積分制御系により構成され、無効電力指令  $Q_{ref}$  と無効電力検出値  $Q$  の偏差が零になるように変換器 27 への電流指令  $I_{r\_d\_ref}$  を決定する。

【0038】

q 軸電流制御器 17 の入力は、3 相 / 2 相変換器 33 が出力する電流検出値の q 軸成分  $I_{r\_q}$  と変換器 27 への電流指令の q 軸成分  $I_{r\_q\_ref}$  であり、q 軸電流制御器 1

50

7の出力が変換器27への出力電圧指令のq軸成分 $V_{r\_q\_ref}$ になる。q軸電流制御器17は例えば比例積分制御系により構成され、電流検出値 $I_{r\_q}$ と電流指令 $I_{r\_q\_ref}$ の偏差が零になるように変換器27への出力電圧指令 $V_{r\_q\_ref}$ を決定する。  
【0039】

d軸電流制御器18の入力は3相/2相変換器33が出力する電流検出値のd軸成分 $I_{r\_d}$ と変換器27への電流指令のd軸成分 $I_{r\_d\_ref}$ であり、d軸電流制御器18の出力が変換器27への出力電圧指令のd軸成分 $V_{r\_d\_ref}$ になる。d軸電流制御器18は例えば比例積分制御系により構成され、電流検出値 $I_{r\_d}$ と電流指令 $I_{r\_d\_ref}$ の偏差が零になるように変換器27への出力電圧指令 $V_{r\_d\_ref}$ を決定する。  
【0040】

10

q軸電流制御器17とd軸電流制御器18が出力する出力電圧指令のq軸成分 $V_{r\_q\_ref}$ とd軸成分 $V_{r\_d\_ref}$ とは2相/3相変換器19により3相の出力電圧指令 $V_{r\_uvw\_ref}$ に変換される。  
【0041】

パルス発生器20は2相/3相変換器19が出力する3相の出力電圧指令 $V_{r\_uvw\_ref}$ に基づいて、PWM(Pulse Width Modulation)により変換器27へのゲートパルス信号を出力する。変換器27はゲートパルス信号を受け、IGBT等の電力半導体スイッチング素子が高速にスイッチングを行うことで、変換器27は指令に応じた電圧を出力する。

【0042】

20

本実施例でも、速度制御器13が実施例1と同様に動作するので、二次励磁発電機を用いた場合でも、風車1の回転速度が設定範囲を逸脱した場合には風車1の回転速度を設定範囲内で抑えるように速度制御を行い、風車1の回転速度が設定範囲内の場合は外部から与えられる有効電力指令に従って有効電力制御を行う。

【実施例3】

【0043】

図5は本実施例の風力発電装置の全体構成を示す。本実施例は、同期発電機を用い、外部から与えられる指令が発電機へのトルク指令となる。図5に示すトルク検出器39は、3相/2相変換器9、10が出力する $V_d$ 、 $V_q$ 、 $I_d$ 、 $I_q$ の信号と、速度検出器11が検出した回転速度検出値とに基づいて、同期発電機2が出力するトルク $T$ を検出する。

30

【0044】

速度制御器40は外部から同期発電機2へ与えられるトルク指令 $T_c$ を速度検出器11の検出した回転速度検出値に応じて修正し、同期発電機2へ修正したトルク指令 $T_{ref}$ を出力する。速度制御器40は実施例1や実施例2で説明した速度制御器13と同様に構成できる。

【0045】

トルク制御器41の入力は、速度制御器40が出力したトルク指令 $T_{ref}$ とトルク検出器39が検出したトルク検出値 $T$ であり、トルク制御器41の出力が、変換器3への電流指令のq軸成分 $I_{q\_ref}$ となる。トルク制御器41は、例えば比例積分制御系により構成され、トルク指令 $T_{ref}$ とトルク検出値 $T$ との偏差が零になるように変換器3への電流指令 $I_{q\_ref}$ を決定する。

40

【0046】

d軸電流指令演算器42の入力は、トルク制御器41が出力する電流指令のq軸成分 $I_{q\_ref}$ であり、d軸電流指令演算器42の出力が変換器3への電流指令のd軸成分 $I_{d\_ref}$ となる。電流指令のd軸成分 $I_{d\_ref}$ は同期発電機2の力率を調整するために設定される。

【0047】

本実施例の風力発電装置は、図5に示したその他の構成は図1と同様であり、外部から与えられる指令が発電機へのトルク指令の場合にも、風車1の回転速度が設定範囲を逸脱

50

した場合に風車 1 の回転速度を設定範囲内に抑えるように速度制御を行い、風車 1 の回転速度が設定範囲内の場合は、外部から与えられるトルク指令に従ってトルク制御を行う。

【実施例 4】

【0048】

図 6 は本実施例の風力発電装置の全体構成を示す。本実施例は、二次励磁発電機を用い、外部から与えられる指令が発電機へのトルク指令となる。図 6 に示すトルク検出器 39 は 3 相 / 2 相変換器 37、38 が出力する  $V_{s\_d}$ 、 $V_{s\_q}$ 、 $I_{s\_d}$ 、 $I_{s\_q}$  の信号と、速度検出器 34 が検出した回転速度検出値 とに基づいて、二次励磁発電機 26 が出力するトルク  $T$  を検出する。

【0049】

速度制御器 40 は外部から二次励磁発電機 26 へ与えられるトルク指令  $T\_c$  を速度検出器 34 が検出した回転速度検出値 に応じて修正し、二次励磁発電機 26 へ修正したトルク指令  $T\_ref$  を出力する。速度制御器 40 は実施例 1 や実施例 2 で説明した速度制御器 13 と同様に構成できる。

【0050】

トルク制御器 41 の入力は、速度制御器 40 が出力するトルク指令  $T\_ref$  とトルク検出器 39 が検出するトルク検出値  $T$  とであり、トルク制御器 41 の出力が変換器 27 への電流指令の  $q$  軸成分  $I_{r\_q\_ref}$  となる。トルク制御器 41 は、例えば比例積分制御系により構成され、トルク指令  $T\_ref$  とトルク検出値  $T$  の偏差が零になるように変換器 27 への電流指令  $I_{r\_q\_ref}$  を決定する。

【0051】

$d$  軸電流指令演算器 42 の入力は、トルク制御器 41 が出力する電流指令の  $q$  軸成分  $I_{r\_q\_ref}$  であり、 $d$  軸電流指令演算器 42 の出力が変換器 27 への電流指令の  $d$  軸成分  $I_{r\_d\_ref}$  となる。電流指令の  $d$  軸成分  $I_{r\_d\_ref}$  は系統との連系点の力率を調整するために設定される。

【0052】

本実施例の風力発電装置は、図 6 に示したその他の構成は図 4 と同様なので、外部から与えられる指令が発電機へのトルク指令の場合にも、風車 1 の回転速度が設定範囲を逸脱した場合には、風車 1 の回転速度を設定範囲内に抑えるように速度制御を行い、風車 1 の回転速度が設定範囲内の場合は外部から与えられるトルク指令に従ってトルク制御を行う。

【実施例 5】

【0053】

図 7 に、本実施例の風力発電装置の全体構成を示す。本実施例は二次励磁発電機を用い、外部から与えられる指令が発電機への有効電力指令の場合である。図 7 に示すように、電圧検出センサ 43 及び電流検出センサ 44 の配置が図 4 に示す実施例 2 と異なるが、これ以外は実施例 2 と同様である。図 7 に示す本実施例でも、風車 1 の回転速度が設定範囲を逸脱した場合には風車 1 の回転速度を設定範囲内で抑えるように速度制御を行い、風車 1 の回転速度が設定範囲内の場合は外部から与えられる有効電力指令に従って有効電力制御を行う。

【実施例 6】

【0054】

図 8 に、本実施例の風力発電装置の全体構成を示す。本実施例は二次励磁発電機を用い、外部から与えられる指令が発電機へのトルク指令の場合である。本実施例は図 8 に示すように、電圧検出センサ 43 と電流検出センサ 44 の配置が図 6 に示す実施例 4 と異なるが、これ以外は実施例 4 と同様である。図 8 に示す本実施例でも、風車 1 の回転速度が設定範囲を逸脱した場合に風車 1 の回転速度を設定範囲内で抑えるように速度制御を行い、風車 1 の回転速度が設定範囲内の場合は外部から与えられるトルク指令に従ってトルク制御を行う。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50



【 0 0 5 5 】

【図 1】実施例 1 の同期発電機を用いた風力発電装置の構成図。

【図 2】本発明の速度制御器の構成図。

【図 3】本発明の速度制御器の動作特性を示す波形図。

【図 4】実施例 2 の二次励磁発電機を用いた風力発電装置の構成図。

【図 5】実施例 3 の同期発電機を用いた風力発電装置の構成図。

【図 6】実施例 4 の二次励磁発電機を用いた風力発電装置の構成図。

【図 7】実施例 5 の二次励磁発電機を用いた風力発電装置の構成図。

【図 8】実施例 6 の二次励磁発電機を用いた風力発電装置の構成図。

【符号の説明】

10

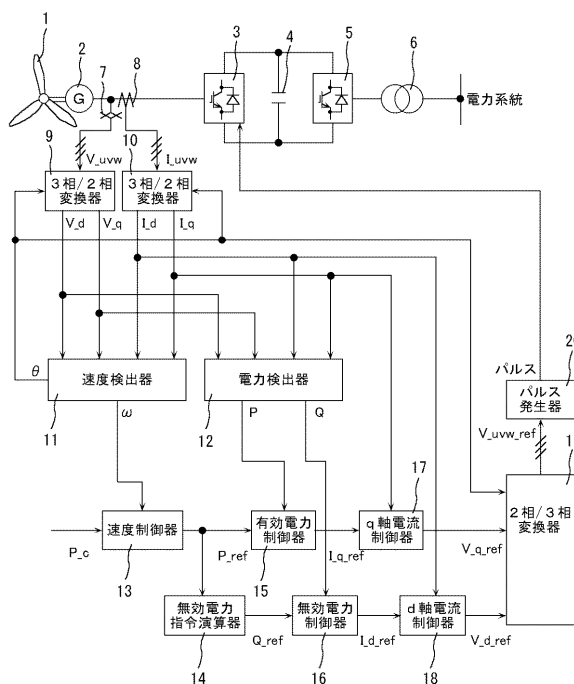
【 0 0 5 6 】

1 ... 風車、2 ... 同期発電機、3, 5, 27, 29 ... 変換器、4, 28 ... 直流コンデンサ、6 ... 系統連系用変圧器、7, 30, 35, 43 ... 電圧検出センサ、8, 31, 36, 44 ... 電流検出センサ、9, 10, 32, 33, 37, 38 ... 3 相 / 2 相変換器、11, 34, 45 ... 速度検出器、12, 46 ... 電力検出器、13, 40 ... 速度制御器、14 ... 無効電力指令演算器、15 ... 有効電力制御器、16 ... 無効電力制御器、17 ... q 軸電流制御器、18 ... d 軸電流制御器、19 ... 2 相 / 3 相変換器、20 ... パルス発生器、21 ... リミッタ、22 ... 減算器、23 ... 有効電力修正指令演算器、24 ... 変化率リミッタ、25 ... 加算器、26 ... 二次励磁発電機、39, 47 ... トルク検出器、41 ... トルク制御器、42 ... d 軸電流指令演算器。

20

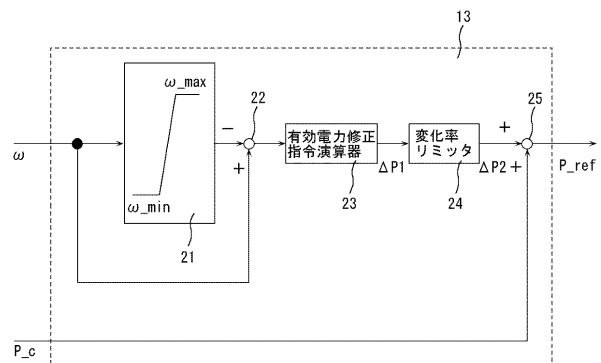
【図 1】

図 1



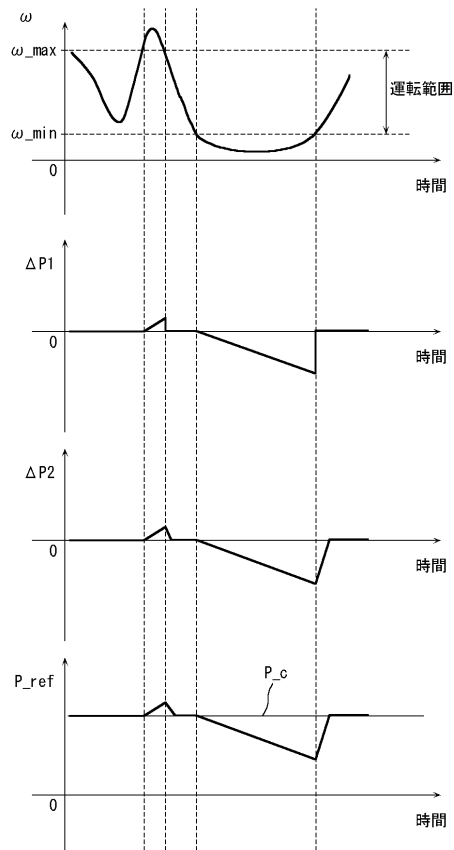
【図 2】

図 2



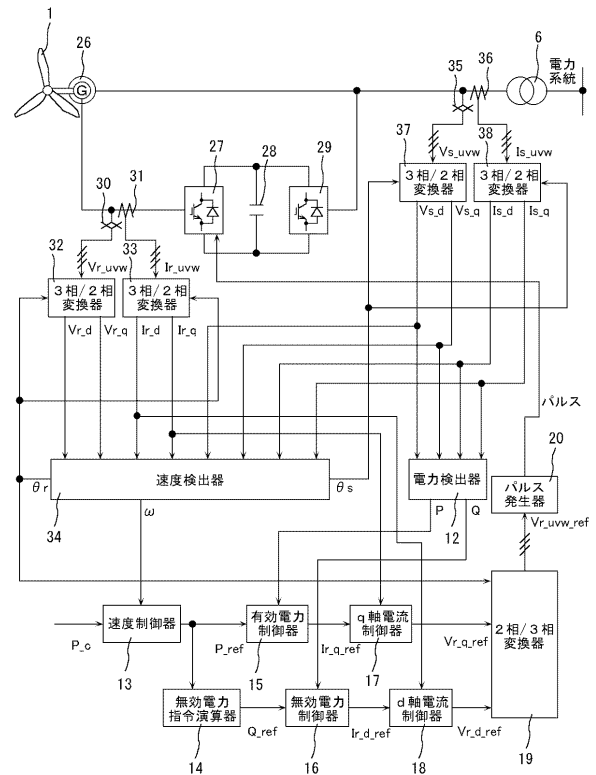
【図 3】

図 3



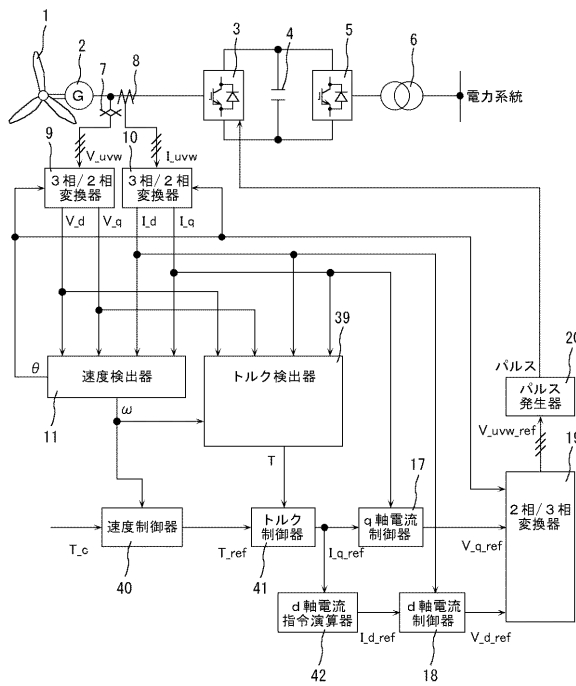
【図 4】

図 4



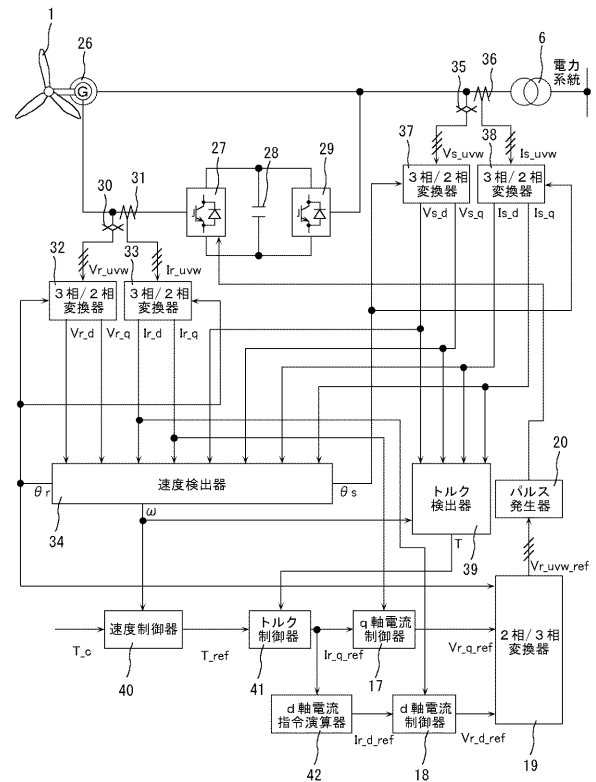
【図 5】

図 5



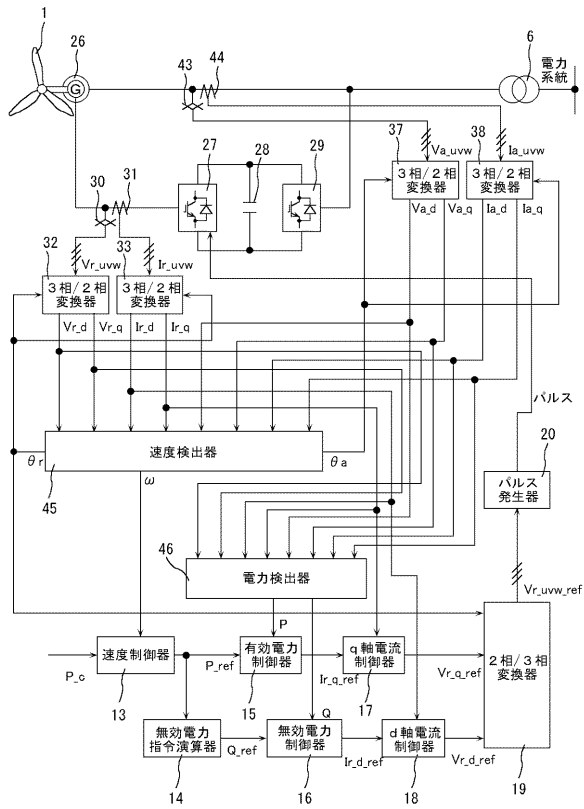
【図 6】

図 6



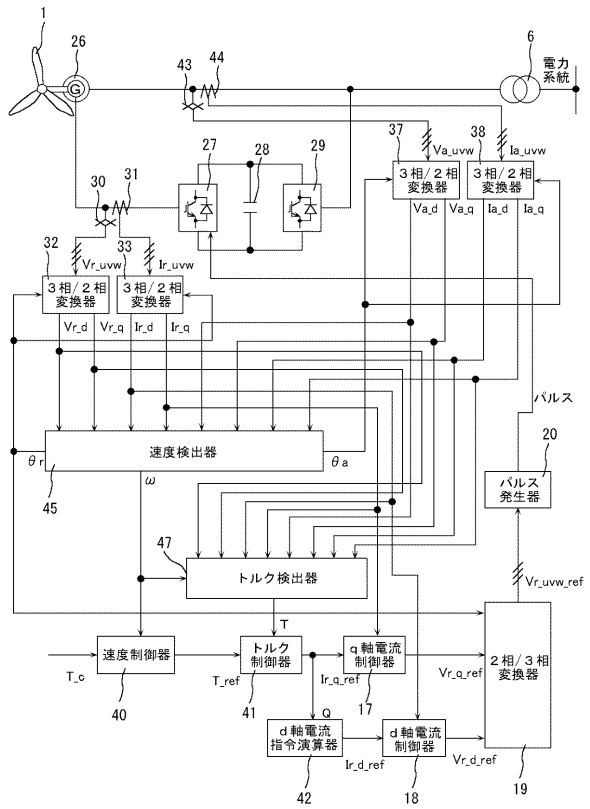
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



---

フロントページの続き

- (72)発明者 二見 基生  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号  
所内 株式会社 日立製作所 日立研究
- (72)発明者 松竹 貢  
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号  
システム事業部内 株式会社 日立製作所 情報制御
- (72)発明者 宮崎 晃一  
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号  
システム事業部内 株式会社 日立製作所 情報制御

審査官 牧 初

- (56)参考文献 特開2005-042603(JP,A)  
特開2002-339855(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02P 9/00-9/48