

(43) 国際公開日
2009 年 6 月 25 日 (25.06.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/078073 A1(51) 国際特許分類:
H02P 9/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/074111

(22) 国際出願日: 2007 年 12 月 14 日 (14.12.2007)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 有永 真司 (ARINAGA, Shinji) [JP/JP]; 〒8510392 長崎県長崎市深堀町五丁目 7 1 7 番 1 号 三菱重工業株式会社 長崎研究所内 Nagasaki (JP). 松下 崇俊 (MATSUSHITA, Takatoshi) [JP/JP]; 〒8508610 長崎県長崎市飽の浦町 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 長崎造船所内 Nagasaki (JP). 若狭

強志 (WAKASA, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒8510392 長崎県長崎市深堀町五丁目 7 1 7 番 1 号 三菱重工業株式会社 長崎研究所内 Nagasaki (JP). 柴田 昌明 (SHIBATA, Masaaki) [JP/JP]; 〒8508610 長崎県長崎市飽の浦町 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 長崎造船所内 Nagasaki (JP). 八杉 明 (YASUGI, Akira) [JP/JP]; 〒8508610 長崎県長崎市飽の浦町 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 長崎造船所内 Nagasaki (JP).

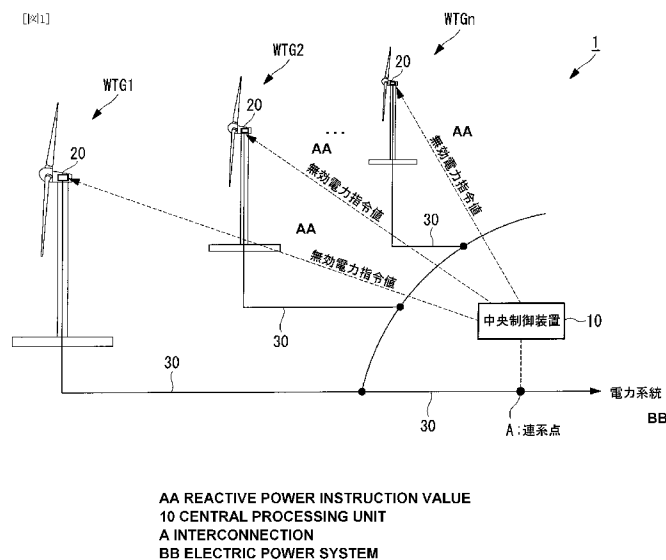
(74) 代理人: 藤田 考晴, 外 (FUJITA, Takaharu et al.); 〒2200012 神奈川県横浜市西区みなとみらい 3-3-1 三菱重工横浜ビル 2 4 F Kanagawa (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,

[続葉有]

(54) Title: WIND POWER GENERATION SYSTEM AND ITS OPERATION CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 風力発電システム及びその運転制御方法



(57) Abstract: Adjustment accuracy of reactive power is improved. A predetermined reactive power instruction value at an interconnection (A) is compensated using a reactive power compensation quantity set for each of wind mills, thereby determining the reactive power instruction value corresponding to each wind mill.

(57) 要約: 無効電力の調整精度を向上させることを目的とする。連系点 A における所定の無効電力指令値を、各風車に対してそれぞれ設定されている無効電力補正量を用いて補正することで、各風車に対応する無効電力指令値を決定する。



WO 2009/078073 A1



SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

明 細 書

風力発電システム及びその運転制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、風力発電システム及びその運転制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、ウィンドファームの連系点における電力制御に関しては、例えば、特許文献1、特許文献2に開示されるように、中央制御装置から各風車に対して一様な無効電力指令を送信し、各風車がこの無効電力指令に基づいて発電機の制御を行うことが提案されている。

特許文献1:米国特許第7166928号明細書

特許文献2:米国特許第7224081号明細書

発明の開示

[0003] 近年、電力系統の電圧の安定性を高めることが要請されており、そのためには、連系点における電圧の更なる安定化を図ることが必要となる。しかしながら、上述した従来の技術では、各風車に一様な無効電力指令が与えられるために、連系点における電圧を効率的に安定させることができないという問題があった。

[0004] 本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、連系点における電圧を効率的に安定させることのできる風力発電システム及びその運転制御方法を提供することを目的とする。

[0005] 上記課題を解決するために、本発明は以下の手段を採用する。

本発明の第1の態様は、複数の風車と、各前記風車に対して制御指令を与える中央制御装置とを備え、各前記風車の出力電力が共通の連系点を通じて電力系統に供給される風力発電システムの運転制御方法であって、前記連系点における所定の無効電力指令値を、各前記風車に対してそれぞれ設定されている無効電力補正量を用いて補正することで、各前記風車に対応する無効電力指令値をそれぞれ決定する風力発電システムの運転制御方法である。

[0006] 上記風力発電システムの運転制御方法によれば、連系点における所定の無効電

力指令値を各風車に応じた無効電力補正量を用いて補正するので、各風車に対して他の風車とは異なる無効電力指令値を設定することが可能となる。これにより、各風車に関する特性等が考慮された適切な無効電力指令値に基づいて各風車が電力制御を行うこととなるので、系統点における電力の安定性を高めることが可能となる。

[0007] 上記風力発電システムの運転制御方法において、前記無効電力補正量は、各前記風車と前記連系点との間に存在するリアクタンス成分に基づいて決定されることとしてもよい。

[0008] このように、風車と連系点との間に存在するリアクタンス成分を加味した無効電力補正量を用いて、各風車の無効電力指令値が決定されるので、連系点における無効電力を効率的に所定の無効電力指令値に一致させることが可能となる。

例えば、各風車と連系点との間に存在するリアクタンス成分を考慮せずに、連系点における実無効電力を無効電力指令値に一致させる単なるフィードバック制御を行った場合、各風車が備える発電システムの出力端における無効電力を、各風車に与えられた無効電力指令値に一致させることはできても、連系点における無効電力を所定の無効電力指令値に一致させることは難しい。これは、風車の出力端から連系点を繋ぐ電力線のリアクタンス等により、無効電力が変動するからである。この点、本発明では、各風車と連系点との間に存在するリアクタンス成分を加味した無効電力指令値に基づいて各風車の制御が行われるので、連系点における無効電力の更なる安定化を容易に実現することが可能となる。

[0009] 本発明の第2の態様は、複数の風車と、各前記風車に対して制御指令を与える中央制御装置とを備え、各風車の出力が共通の連系点を通じて電力系統に供給される風力発電システムの運転制御方法であって、複数の前記風車として、可変速風車と固定速風車の両方を備える場合に、前記固定速風車全体としての前記連系点における無効電力を算出し、算出した前記無効電力と前記連系点における所定の無効電力指令値との差分を算出し、算出した前記差分を用いて前記所定の無効電力指令値を補正し、補正後の前記所定の無効電力指令値に基づいて、各前記可変速風車の無効電力指令値を決定する風力発電システムの運転制御方法を提供する。

- [0010] この方法によれば、固定速風車による無効電力の変動を考慮して可変速風車の無効電力指令値が決定されるので、固定速風車による無効電力の変動分を可変速風車の無効電力制御によって吸収することが可能となる。これにより、固定速風車と可変速風車とが混在する場合であっても、連系点における無効電力の安定性を向上させることができる。
- [0011] 上記風力発電システムの運転制御方法において、補正後の前記所定の無効電力指令値を、各前記可変速風車に対してそれぞれ設定されている無効電力補正量を用いて補正することで、各前記可変速風車に対応する無効電力指令値を決定することとしてもよい。
- [0012] このように、固定速風車の無効電力の変動を考慮して補正された連系点における所定の無効電力指令値を、各可変速風車に対応してそれぞれ設定されている無効電力補正量を用いて更に補正することで、各可変速風車の無効電力指令値を決定するので、各可変速風車に対して他の可変速風車とは異なる無効電力指令値を設定することが可能となる。これにより、各可変速風車に関する特性等が考慮された適切な無効電力指令値に基づいて各可変速風車が無効電力制御を行うこととなるので、連系点における無効電力の安定度を更に高めることが可能となる。
- [0013] 上記風力発電システムの運転制御方法において、各前記可変速風車に応じた無効電力補正量は、各前記可変速風車と前記連系点との間に存在するリアクタンス成分に基づいて決定されることとしてもよい。
- [0014] このように、風車と連系点との間に存在するリアクタンス成分を加味して、各可変速風車の無効電力指令値が決定されるので、連系点における無効電力を効率的に無効電力指令値と一致させることが可能となる。
- [0015] 本発明の第3の態様は、複数の風車と、各前記風車に対して制御指令を与える中央制御装置とを備え、各前記風車の出力電力が共通の連系点を通じて電力系統に供給される風力発電システムであって、前記連系点における所定の無効電力指令値を、各前記風車に対してそれぞれ設定されている無効電力補正量を用いて補正することで、各前記風車に対応する無効電力指令値をそれぞれ決定する風力発電システムである。

[0016] 本発明の第4の態様は、複数の風車と、各前記風車に対して制御指令を与える中央制御装置とを備え、各風車の出力が共通の連系点を通じて電力系統に供給される風力発電システムであって、複数の前記風車として、可変速風車と固定速風車の両方を備える場合に、前記中央制御装置が、前記固定速風車全体としての前記連系点における無効電力を算出し、算出した前記無効電力と前記連系点における所定の無効電力指令値との差分を算出し、算出した前記差分を用いて前記所定の無効電力指令値を補正し、補正後の前記所定の無効電力指令値に基づいて、各前記可変速風車の無効電力指令値を決定する風力発電システムである。

[0017] 本発明によれば、無効電力の調整精度を向上させることができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の第1の実施形態に係る全体構成を示した図である。

[図2]本発明の第1の実施形態に係る無効電力補正量について説明するための図である。

[図3]本発明の第1の実施形態に係る風力発電システムの運転制御方法の手順を示したフローチャートである。

[図4]本発明の第2の実施形態に係る風力発電システムの運転制御方法について説明するための図である。

符号の説明

[0019] 1 風力発電システム

10 中央制御装置

20 発電システム

30 電力線

WTG1, WTG1, WTGn 風車

発明を実施するための最良の形態

[0020] 以下に、本発明に係る風力発電システム及びその運転制御方法の各実施形態について、図面を参照して説明する。

[0021] [第1の実施形態]

図1は、本実施形態に係る風力発電システムの全体構成を示したブロック図である。図1に示されるように、風力発電システム1は、複数の風車WTG1, WTG2, ..., WTGn(以下、全ての風車を示すときは単に符号「WTG」を付し、各風車を示すときは符号「WTG1」、「WTG2」等を付す。)と、各風車WTGに対して制御指令を与える中央制御装置10とを備えている。本実施形態において、全ての風力発電装置WTGは、可変速風車である。

[0022] 各風車WTGは、発電システム20を備えている。発電システム20は、例えば、発電機と、発電機の有効電力および無効電力を制御可能な可変周波数コンバータ励磁システムと、該可変周波数コンバータ励磁システムに電力指令値を与える風車制御装置とを主な構成として備えている。

各風車が備える発電システム20から出力される電力は、各電力線30により共通の連系点Aを経由して電力系統(utility grid)に供給される。

[0023] 中央制御装置10は、系統電力を管理する電力管理室(例えば、電力会社等)から通知される連系点Aにおける要求無効電力指令に基づいて、連系点Aにおける無効電力指令値を設定する。そして、この無効電力指令値を各風車WTG1, WTG2, ..., WTGnに対応してそれぞれ設定されている無効電力補正量を用いて補正し、補正後の無効電力指令値を各風車に対してそれぞれ送信する。ここで、各風車に対応して設定されている無効電力補正量の詳細については後述する。

[0024] 各風車WTG1, WTG2, ..., WTGnが備える発電システム20は、中央制御装置10から無効電力指令値を受信すると、この無効電力指令値と、発電機の回転数に応じて設定される有効電力指令値とに基づいて発電機の制御を行う。このとき、無効電力指令値及び有効電力指令値は、熱的制約、電圧制限で決まる動作範囲内となるように設定される。

[0025] 具体的には、発電システム20において、無効電力指令値及び有効電力指令値は、可変周波数コンバータ励磁システムに与えられる。可変周波数コンバータ励磁システムは、無効電力指令値及び有効電力指令値に基づいてd-q軸のロータ電流指令を生成し、このロータ電流指令に基づいて発電機の可変速コンバータを制御する。これにより、所望の有効電力および無効電力が出力される。

上記ロータ電流制御が行われることにより、各風車に与えられた無効電力指令値を満足する無効電力等が各風車WTGから出力され、電力線30を介して共通の連系点Aに供給されることとなる。

[0026] 次に、上述した各風車WTG1, WTG2, ..., WTGnに対応してそれぞれ設定される無効電力補正量について詳細に説明する。

上記無効電力補正量は、各風車WTG1, WTG2, ..., WTGnと連系点Aとの間に存在するリアクタンス成分に基づいて決定される。

[0027] 例えば、多くの風車を有するウィンドファームなどでは、各風車WTG1, WTG2, ..., WTGnと連系点Aとを結ぶ電力線30の長さがかなり異なることとなるため、風車から出力された無効電力は、連系点Aに到達するまでにそれぞれの電力線30の距離に応じたリアクタンスの影響を受けることとなる。このため、例えば、各風車に対して一様な無効電力指令値を与えた場合には、連系点Aにおける無効電力にバラツキが生じ、電圧調整精度が低下する可能性がある。

[0028] 本実施形態では、上述したような電力線30のリアクタンス成分による電力変動を考慮し、各風車に与える無効電力指令値を上記電力線のリアクタンス成分に応じて補正することとしている。

[0029] まず、図2に示すように、各風車WTG1, WTG2, ..., WTGi, ..., WTGnの出力端における電力をそれぞれ $P_1 + jQ_1$, $P_2 + jQ_2$, ..., $P_i + jQ_i$, ..., $P_n + jQ_n$ とする。また、各風車WTG1, WTG2, ..., WTGnと連系点Aとの間の電力線のリアクタンスをそれぞれ jx_1 , jx_2 , ..., jx_i , ..., jx_n とし、また、連系点Aにおける各風車の電力を $P_1' + jQ_1'$, $P_2' + jQ_2'$, ..., $P_i' + jQ_i'$, ..., $P_n' + jQ_n'$ と定義する。

[0030] 次に、各風車において潮流計算を行う。ここでは、i番目の風車を例に挙げて説明する。便宜上、連系点電圧 $V_{grid} = 1\text{pu}$ 、連系点電圧位相角 $\delta_{grid} = 0$ とする。また、有効電力P、無効電力Qともに、各風車から連系点Aへ向かう方向を正の符号とする。

このような条件において、風車GTWiの出力端における有効電力 P_i 、無効電力 Q_i 、並びに連系点Aにおける有効電力 P_i' 、無効電力 Q_i' はそれぞれ以下の(1)～(4)式のように表される。

[0031] [数1]

$$P_i = \frac{1}{x_i} V_i \sin \delta_i \quad (1)$$

$$P_i' = \frac{1}{x_i} V_i \sin \delta_i \quad (2)$$

$$Q_i = +\frac{1}{x_i} V_i^2 - \frac{1}{x_i} V_i \cos \delta_i \quad (3)$$

$$Q_i' = -\frac{1}{x_i} V_i \cos \delta_i + \frac{1}{x_i} \quad (4)$$

[0032] 上記無効電力に関する(3)式及び(4)式を用いて、以下の(5)式が導出される。

[0033] [数2]

$$Q_i - Q_i' = +\frac{1}{x_i} (V_i^2 - 1) \quad (5)$$

[0034] 上記(5)式における Q_i からの変化率を w_i とすると、以下の(6)式が得られる。

[0035] [数3]

$$w_i = \frac{Q_i - Q_i'}{Q_i} = \frac{V_i^2 - 1}{x_i Q_i} \quad (6)$$

[0036] 上記(1)～(4)式において、 P_i 、 Q_i を既知とすると、 P_i' 、 Q_i' 、 V_i 、 δ_i を解くことができる。

例えば、過去所定期間(例えば、1ヶ月、或いは3ヶ月、或いは1年等)において無効電力 Q_i 及び有効電力 P_i のデータを取得し、これらのデータを解析することにより(例えば、平均等することにより)、適切な無効電力 Q_i 及び有効電力 P_i を設定する。

[0037] 上記(6)式に示される変化率 w_i は、無効電力補正量として設定される。

各風車に対して求められた変化率 w_i は、各風車と対応付けて中央制御装置10が備えるメモリ内に格納され、風車の運転時における無効電力指令値の補正に用いら

れる。

[0038] なお、メモリに格納される上記無効電力補正量は、例えば、所定の時間間隔(例えば、1年または3ヶ月等)で更新されるものとしてもよい。更新時には、風車の出力端における無効電力 Q_i 及び有効電力 P_i を適切な値に設定し、例えば、上述したように過去所定期間におけるデータの解析結果等を用いて設定し、この値を上記(6)式に代入することにより各風車の無効電力補正量を更新すればよい。

[0039] 次に、上述した構成を備える風力発電システムの運転制御方法について説明する。

まず、中央制御装置10は、連系点の無効電力指令値 Q_{grid} を取得すると(図3のステップSA1)、各風車WTG1, WTG2, ..., WTGnに対応する無効電力補正量 w_i をメモリから読み出し、この無効電力補正量 w_i と以下の(7)式とを用いて無効電力指令値 Q_{grid} を補正し、各風車に対応する無効電力指令値 Q_i をそれぞれ算出する(ステップSA2)。

[0040] [数4]

$$Q_i = (1 + w_i) \frac{Q_{grid}}{N} \quad (7)$$

[0041] (7)式においてNは風車の台数である。

中央制御装置10は、各風車WTG1, WTG2, ..., WTGnに対応する無効電力指令値 $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ を算出すると、これらを各風車にそれぞれ送信する(ステップSA3)。

[0042] 各風車WTG1, WTG2, ..., WTGnの発電システムは、中央制御装置10から受信した無効電力指令値 $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ と発電機の回転数から設定される有効電力指令値とに基づいて発電機を制御する。これにより、各風車に与えられた無効電力指令値に一致する無効電力が各風車の出力端から出力され、電力線30を介して共通の連系点Aに供給される。

[0043] 中央制御装置10は、連系点Aにおける実際の無効電力 Q_{grid} を検出し、この実無効電力 Q_{grid} と無効電力指令値 Q_{grid} との差分 ΔQ_{grid} を算出し、この差分 ΔQ_{grid} を解消

するような無効電力指令値を新たに算出し、これを次の無効電力指令値として各風車に与える(ステップSA4)。

新たな無効電力指令値は、以下に示す(8)式のように、差分 ΔQ_{grid} と無効電力補正量 w_i とを、ステップSA1で取得した連系点Aにおける無効電力指令値 Q_{grid} に加算することで求められる。

[0044] [数5]

$$Q_i = (1 + w_i) \frac{Q_{grid}}{N} + \frac{(Q_{grid} - Q_{grid}')}{N} \quad (8)$$

[0045] そして、以降においては、所定の時間間隔で連系点Aにおける実無効電力を検出し、この検出結果から求められる無効電力差分 $\Delta Q_{grid} = Q_{grid} - Q_{grid}'$ と無効電力補正値 w_i とを上記(8)式に代入することにより、各風車に対応する無効電力指令値を算出すればよい。

このようにして、フィードバック制御が行われることにより、連系点Aにおける無効電力を安定させることが可能となる。

[0046] 以上説明してきたように、本実施形態に係る風力発電システム1及びその運転制御方法によれば、連系点Aにおける無効電力指令値を、各風車と連系点Aとの間に存在するリアクタンスに応じた無効電力補正量 w_i を用いて補正することにより、各風車に適した無効電力指令値を求めるので、電力線30に係るリアクタンスを考慮した無効電力制御を各風車において行わせることが可能となる。これにより、連系点Aにおける無効電力の更なる安定化を実現することが可能となる。

[0047] [第2の実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態について、図4を用いて説明する。

上述した第1の実施形態においては、全ての風車が可変速風車である場合について述べたが、本実施形態では、一部の風車が固定速風車である場合について説明する。

[0048] 本実施形態に係る風力発電システムは、少なくとも1台の固定速風車と少なくとも1台の可変速風車を備えている。例えば、図4に示すように、1番目からi番目までの風

車を可変速風車、 $i+1$ 番目から n 番目までの風車を固定速風車とする。この場合、まず、上述した第1の実施形態と同様の手順に基づく潮流計算により、風車の出力端における無効電力 Q_i 、及び連系点Aにおける無効電力 Q_i' を求める。

続いて、固定速風車のみの無効電力の合計を以下の(9)式～(10)式に示されるように求める。

[0049] [数6]

$$Q_{fix} = \sum_{i=i+1}^n Q_i \quad (9)$$

$$Q_{fix}' = \sum_{i=i+1}^n Q_i' \quad (10)$$

[0050] 次に、固定速風車全体における風車の出力端の無効電力の合計と、連系点Aにおける無効電力の合計との差分 ΔQ_{fix} を以下の(11)式により求める。

$$\Delta Q_{fix} = Q_{fix} - Q_{fix}' \quad (11)$$

この差分 ΔQ_{fix} を可変速風車によって吸収する必要がある。

ここで、連系点Aにおける無効電力指令に対する固定速風車の無効電力供給分の寄与率は、以下の(12)式で表すことができ、この残りである $(1-\alpha)Q_{grid}$ が可変速風車によって供給されればよいこととなる。

$$\alpha = Q_{fix}' / Q_{grid} \quad (12)$$

[0051] したがって、可変速風車全体で供給しなければならない無効電力指令 Q_{grid_var} は、上記固定速風車における無効電力の変動分を考慮して、以下の(13)式で表される。

[0052] [数7]

$$Q_{grid\_var} = (1 - \alpha)Q_{grid} \quad (13)$$

[0053] そして、このようにして可変速風車全体で供給しなければならない無効電力指令が

求められると、この無効電力指令を可変速風車の台数で割ることにより、各風車で一樣に分担する無効電力指令を求め、更に、この無効電力指令を各風車に対応する無効電力補正量 w_i で補正する。これにより、最終的に各風車に与えられる無効電力指令値は以下の(14)式で表されることとなる。(14)式においてMは、可変速風車の台数である。

[0054] [数8]

$$Q_i = (1 + w_i) \frac{(1 - \alpha) Q_{grid}}{M} \quad (14)$$

[0055] そして、上記(13)式を用いて求めた補正後の無効電力指令値を各風車に対して送信する。

[0056] 以上説明してきたように、本実施形態に係る風力発電システム及びその運転制御方法によれば、固定速風車と可変速風車とが混在する場合には、固定速風車における無効電力の変動分を考慮して可変速風車全体に対する無効電力指令値が決定されるので、固定速風車による無効電力変動を可変速風車により吸収することが可能となる。これにより、固定速風車が含まれる場合においても無効電力制御の精度向上を図ることが可能となる。

[0057] なお、上述した本実施形態に代えて、例えば、上記(13)式で示される可変速風車全体に対する無効電力指令 Q_{grid_var} を可変速風車の台数Mで割った指令値を、無効電力指令値として各可変速風車に与えることとしてもよい。この場合、各可変速風車と連系点Aとの間に存在するリアクトルによる無効電力変動については解消されないが、固定速風車による無効電力変動を解消することが可能となる点で、相当の効果をj得ることができる。

[0058] 以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

[0059] 例えば、上述した各実施形態においては、中央制御装置10が無効電力指令値の補正を行っていたが、この態様に代えて、例えば、各風車において無効電力指令値

の補正を行うこととしてもよい。この場合には、中央制御装置10から各風車に対して一様の無効電力指令値が送信され、各風車において、各風車が保有する個々の無効電力補正量を用いて、中央制御装置10から受信した一様の無効電力指令値の補正が行われる。

[0060] また、上記各実施形態においては、中央制御装置10から通信によって補正後の無効電力指令値等が送信されることとしたが、例えば、オペレータが手動により各風車に対して無効電力指令値を入力するような構成としてもよい。

[0061] 更に、上記各実施形態においては、連系点の無効電力指令値に基づいて各風車に与える無効電力指令値を決定していたが、これに代えて、例えば、中央制御装置10が連系点における電圧指令値を入力情報として取得し、この連系点における電圧指令値と連系点における実際の電圧値とが一致するような無効電力指令値を生成する態様としてもよい。

[0062] また、上述した各実施形態においては、中央制御装置10から各風車に無効電力指令値を与え、この無効電力指令値と発電機の回転数に基づいて決定される有効電力指令値とに基づいて各風車の発電機出力を制御していた。しかしながら、有効電力と無効電力の2乗和の平方根、即ち、皮相電力が定格容量を超えてしまった場合には、所望の有効電力、無効電力を出力できない。この場合には、有効電力を減らして、無効電力を優先とするか、或いは、無効電力を減らして有効電力を優先とするか2つのうち、いずれか一つを選択する必要がある。

このような場合に備えて、予めどちらを優先させるかを設定しておき、上述のような事象が発生した場合には、その設定内容に基づいて制御を行うこととしてもよい。また、上記事象が発生した場合には、その旨をオペレータに通知することとし、その都度、オペレータがどちらを優先させるのかを入力することとしてもよい。

請求の範囲

- [1] 複数の風車と、各前記風車に対して制御指令を与える中央制御装置とを備え、各前記風車の出力電力が共通の連系点を通じて電力系統に供給される風力発電システムの運転制御方法であって、
- 前記連系点における所定の無効電力指令値を、各前記風車に対してそれぞれ設定されている無効電力補正量を用いて補正することで、各前記風車に対応する無効電力指令値をそれぞれ決定する風力発電システムの運転制御方法。
- [2] 前記無効電力補正量は、各前記風車と前記連系点との間に存在するリアクタンス成分に基づいて決定される請求項1に記載の風力発電システムの運転制御方法。
- [3] 複数の風車と、各前記風車に対して制御指令を与える中央制御装置とを備え、各風車の出力が共通の連系点を通じて電力系統に供給される風力発電システムの運転制御方法であって、
- 複数の前記風車として、可変速風車と固定速風車の両方を備える場合に、前記固定速風車全体としての前記連系点における無効電力を算出し、
- 算出した前記無効電力と前記連系点における所定の無効電力指令値との差分を算出し、
- 算出した前記差分を用いて前記所定の無効電力指令値を補正し、
- 補正後の前記所定の無効電力指令値に基づいて、各前記可変速風車の無効電力指令値を決定する風力発電システムの運転制御方法。
- [4] 補正後の前記所定の無効電力指令値を、各前記可変速風車に対してそれぞれ設定されている無効電力補正量を用いて補正することで、各前記可変速風車に対応する無効電力指令値を決定する請求項3に記載の風力発電システムの運転制御方法。
- [5] 各前記可変速風車に応じた無効電力補正量は、各前記可変速風車と前記連系点との間に存在するリアクタンス成分に基づいて決定される請求項4に記載の風力発電システムの運転制御方法。
- [6] 複数の風車と、各前記風車に対して制御指令を与える中央制御装置とを備え、各前記風車の出力電力が共通の連系点を通じて電力系統に供給される風力発電シ

テムであって、

前記連系点における所定の無効電力指令値を、各前記風車に対してそれぞれ設定されている無効電力補正量を用いて補正することで、各前記風車に対応する無効電力指令値をそれぞれ決定する風力発電システム。

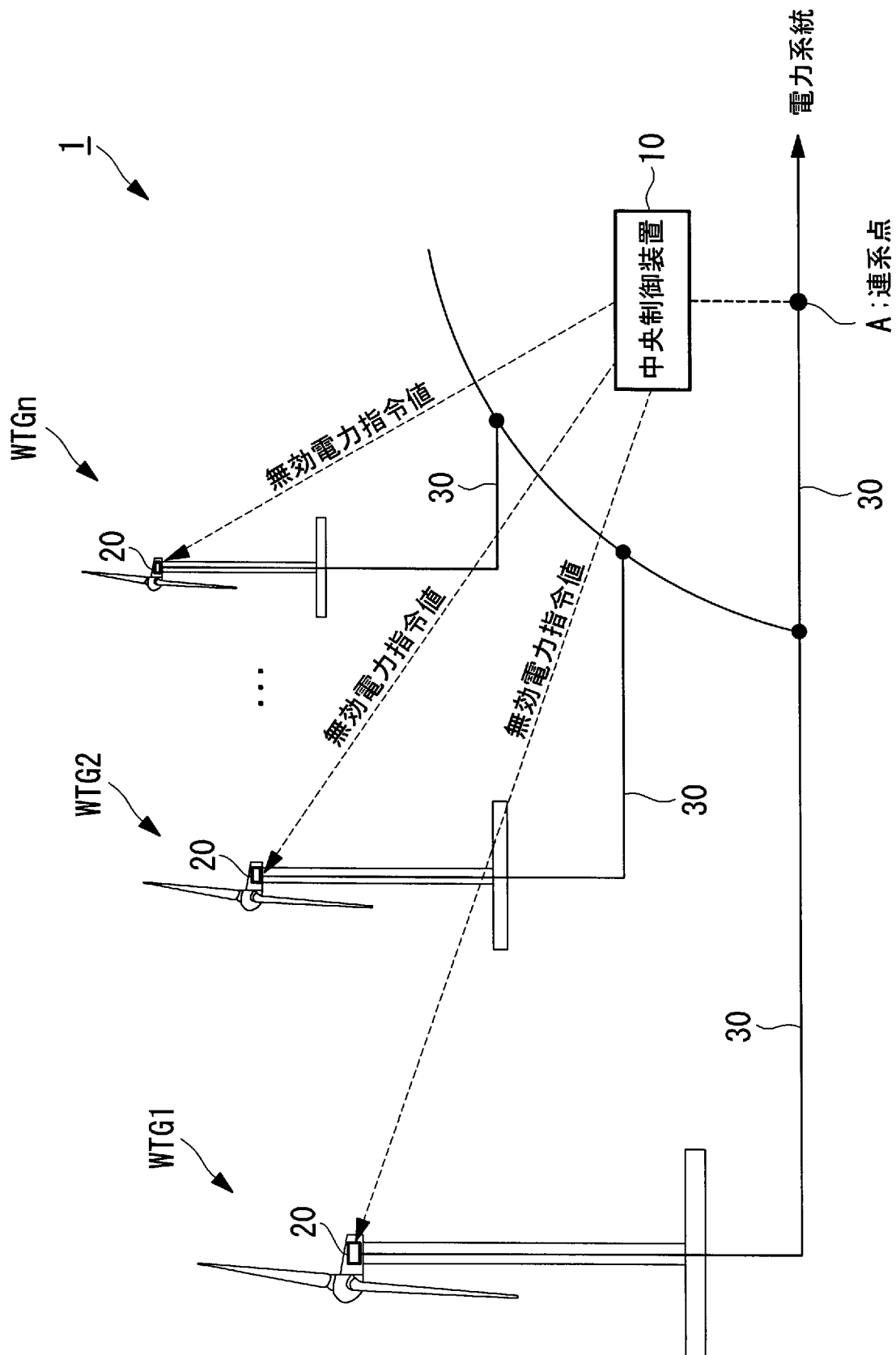
- [7] 複数の風車と、各前記風車に対して制御指令を与える中央制御装置とを備え、各風車の出力が共通の連系点を通じて電力系統に供給される風力発電システムであって、

複数の前記風車として、可変速風車と固定速風車の両方を備える場合に、
前記中央制御装置が、

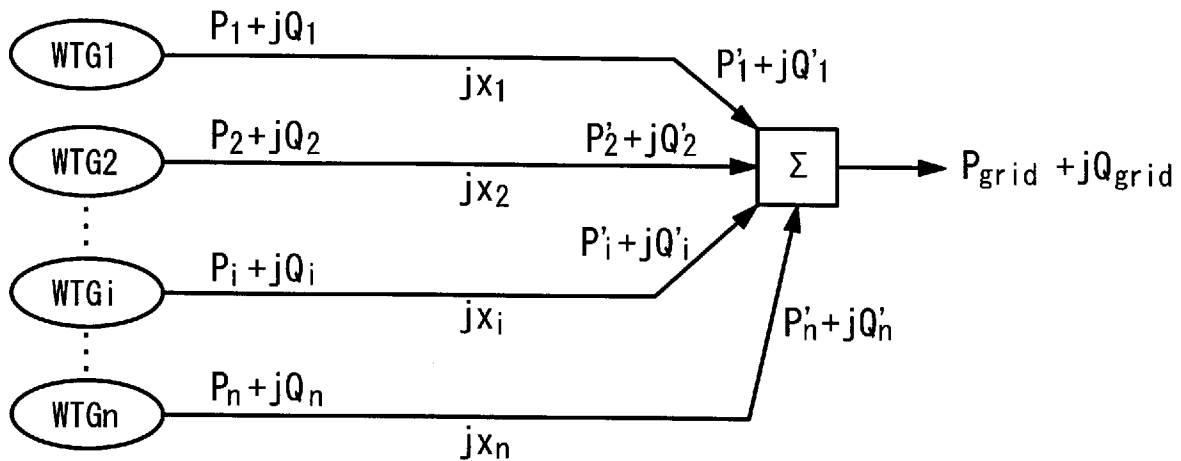
前記固定速風車全体としての前記連系点における無効電力を算出し、
算出した前記無効電力と前記連系点における所定の無効電力指令値との差分を算出し、

算出した前記差分を用いて前記所定の無効電力指令値を補正し、
補正後の前記所定の無効電力指令値に基づいて、各前記可変速風車の無効電力指令値を決定する風力発電システム。

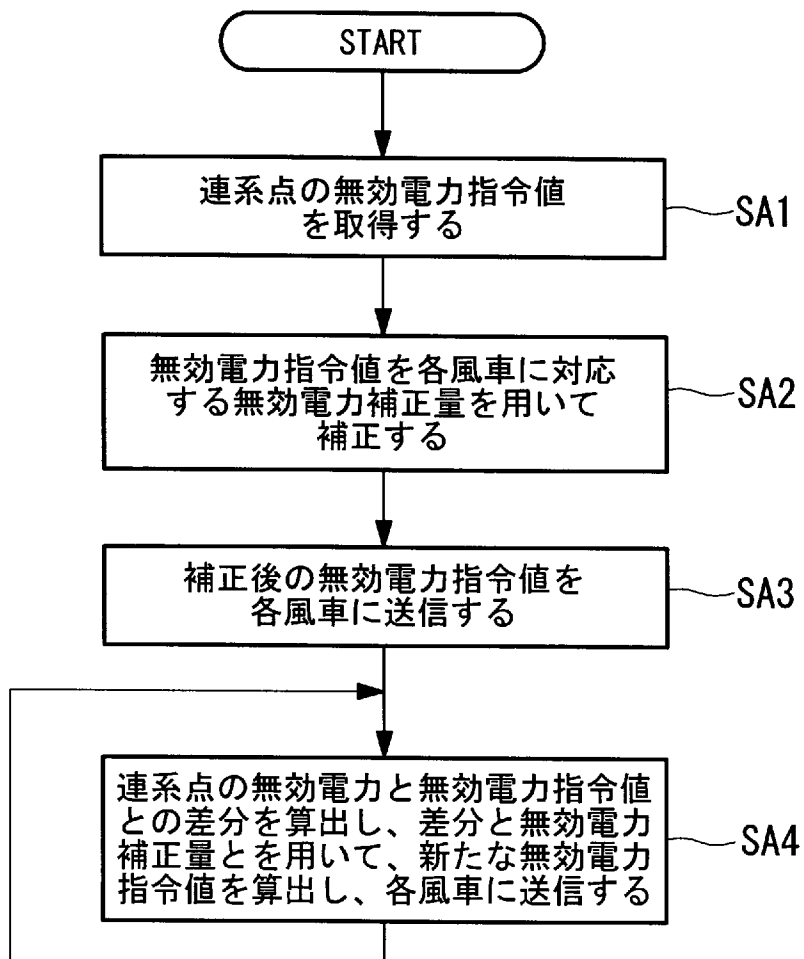
[図1]



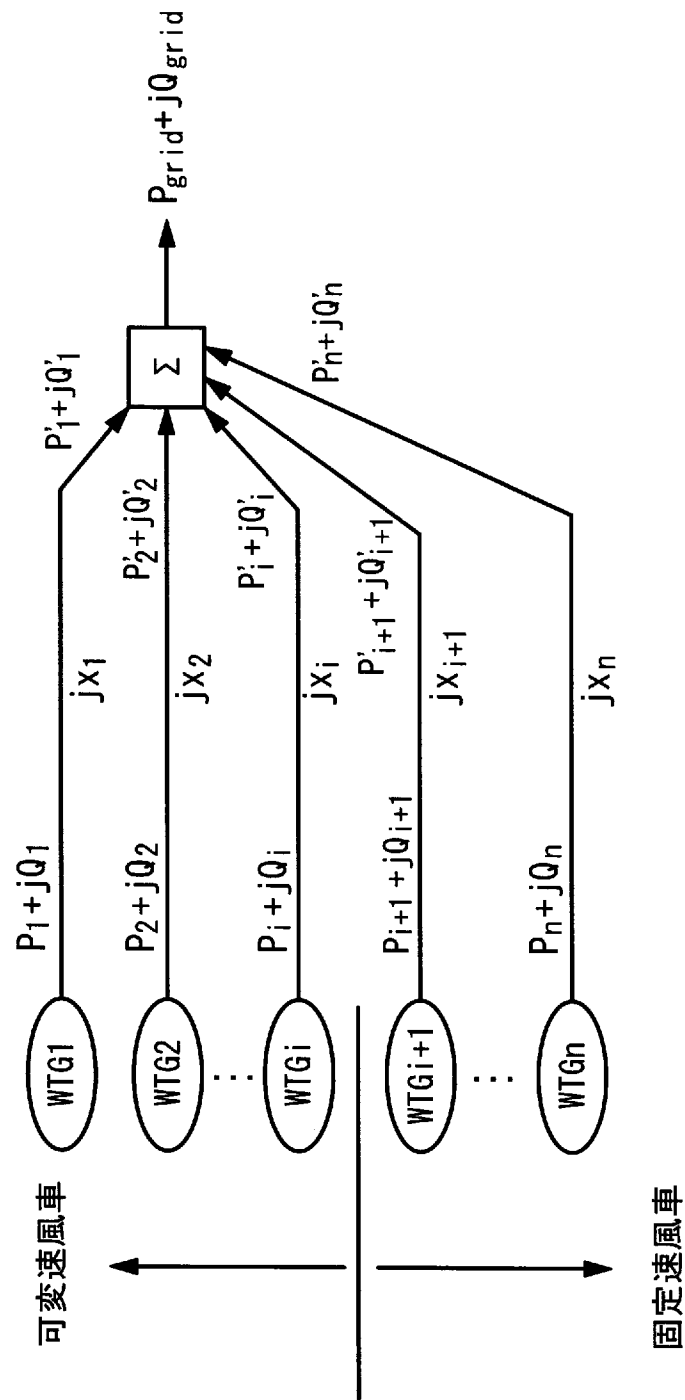
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/074111

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P9/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P9/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-41990 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 12 February, 1999 (12.02.99), Par. Nos. [0001], [0029] to [0046] (Family: none)	1-7
Y	JP 2000-78896 A (Hitachi Engineering & Services Co., Ltd.), 14 March, 2000 (14.03.00), Par. Nos. [0014] to [0020] (Family: none)	1-7
Y	JP 8-126204 A (Mitsubishi Electric Corp.), 17 May, 1996 (17.05.96), Par. Nos. [0011] to [0013] (Family: none)	3-5, 7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 March, 2008 (05.03.08)

Date of mailing of the international search report

18 March, 2008 (18.03.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/074111

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-511615 A (Aloys Wobben), 25 March, 2003 (25.03.03), Full text & US 6724097 B1 & WO 2001/025630 A1 & DE 19948196 A1 & CA 2388509 A1	1-7
A	US 2006/0255594 A1 (Einar V. Larsen), 16 November, 2006 (16.11.06), Full text & US 2005/0046196 A1 & US 2006/0012181 A1 & EP 1512869 A1	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P9/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P9/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

WPI

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 11-41990 A（三菱重工業株式会社）1999.02.12, 段落【0001】、【0029】－0046（ファミリーなし）	1－7
Y	JP 2000-78896 A（株式会社日立エンジニアリングサービス） 2000.03.14, 段落【0014】－【0020】（ファミリーなし）	1－7
Y	JP 8-126204 A（三菱電機株式会社）1996.05.17, 段落【0011】－【0013】（ファミリーなし）	3－5, 7
A	JP 2003-511615 A（アロイス・ヴォベン）2003.03.25, 全文 & US 6724097 B1 & WO 2001/025630 A1 & DE 19948196 A1 & CA 2388509 A1	1－7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 5 . 0 3 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 3 . 2 0 0 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

牧 初

3 V

9 0 6 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 2006/0255594 A1 (Einar V. Larsen) 2006.11.16, 全文 & US 2005/0046196 A1 & US 2006/0012181 A1 & EP 1512869 A1	1 - 7