

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6742441号  
(P6742441)

(45) 発行日 令和2年8月19日(2020.8.19)

(24) 登録日 令和2年7月30日(2020.7.30)

(51) Int.Cl.	F 1
FO2C 7/36 (2006.01)	FO2C 7/36
FO1D 13/00 (2006.01)	FO1D 13/00
FO1K 23/14 (2006.01)	FO1K 23/14
FO1K 23/16 (2006.01)	FO1K 23/16
FO1D 17/06 (2006.01)	FO1D 17/06

請求項の数 12 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2018-560475 (P2018-560475)	(73) 特許権者	517298149 シーメンス アクティエンゲゼルシャフト ドイツ・80333・ミュンヘン・ヴェル ナーフォンーシーメンス・シュトラーゼ ・1
(86) (22) 出願日	平成29年4月20日(2017.4.20)	(74) 代理人	100108453 弁理士 村山 靖彦
(65) 公表番号	特表2019-520510 (P2019-520510A)	(74) 代理人	100110364 弁理士 実広 信哉
(43) 公表日	令和1年7月18日(2019.7.18)	(72) 発明者	マルク・ボロウスキ ドイツ・47445・メールス・ニーベル ンゲンシュトラーゼ・20
(86) 國際出願番号	PCT/EP2017/059405		
(87) 國際公開番号	W02017/198415		
(87) 國際公開日	平成29年11月23日(2017.11.23)		
審査請求日	平成31年2月12日(2019.2.12)		
(31) 優先権主張番号	16170145.3		
(32) 優先日	平成28年5月18日(2016.5.18)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	歐州特許庁(EP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 設定点加速度を使用して蒸気タービンとガスタービンとを所望の角度差で連結するための方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

- 回転デバイス(5)と、シャフトデバイス(2)とを連結するための方法であって、  
 - 前記シャフトデバイス(2)と回転デバイス(5)との間の角度差(7)を検出する  
 ステップと、  
 - 前記シャフトデバイス(2)と回転デバイス(5)との間の速度差(8)を検出する  
 ステップとを有し、  
 - 前記回転デバイス(5)が連結プロセスの開始までに既知の加速度で加速した場合に  
 前記回転デバイス(5)と前記シャフトデバイス(2)とを連結する連結角度を予測する  
 ステップと、  
 - 予測した前記連結角度(10)を目標連結角度(11)と比較し、この比較から、前  
 記予測した連結角度(10)が前記目標連結角度(11)に対応するように設定点加速度  
 (9)を計算するステップと、  
 を有することを特徴とする、方法。

## 【請求項2】

前記予測は、前記回転デバイス(5)の回転速度が前記シャフトデバイス(2)の回転  
 速度に達するか選択した値だけ前記シャフトデバイスの回転速度を超えるとすぐに前記連  
 絡プロセスの開始を行うとの仮定に基づくことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

## 【請求項3】

前記計算した設定点加速度(9)は、前記既知の加速度に対する値として使用されるこ

とを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記回転デバイス(5)は、目指す目標連結角度(11)とは無関係な選択した加速度で、前記シャフトデバイス(2)の回転速度より低い出力回転速度まで加速されることを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記選択した加速度は一定であることを特徴とする、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記連結角度の前記予測は、前記選択した加速度で前記出力回転速度に達したときに開始されることを特徴とする、請求項 4 または 5 に記載の方法。

10

【請求項 7】

前記出力回転速度は、前記シャフトデバイス(2)の前記回転速度よりも 0.5 Hz から 1.5 Hz だけ低いことを特徴とする、請求項 4 から 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記設定点加速度(9)の前記計算の際に、前記連結プロセスにおける前記角度差の変化を考慮することを特徴とする、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記設定点加速度(9)は、タービン制御ユニット(15)に伝えられる設定点回転速度(14)に変換されることを特徴とする、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 10】

シャフトデバイス(2)と、回転デバイス(5)と、を有し、

前記シャフトデバイス(2)と回転デバイス(5)とを連結するためのクラッチ(4)を有する装置であって、

前記シャフトデバイス(3)と回転デバイス(5)との間の角度差(7)を検出するためのデバイスと、

前記シャフトデバイス(3)と回転デバイス(5)との間の速度差(8)を検出するためのデバイスと、

前記回転デバイス(5)を加速度値で加速するためのデバイス(19)と、

前記検出した角度差(7)、前記検出した速度差(8)、および既知の加速度から、前記回転デバイス(5)を前記既知の加速度で前記連結の開始まで加速し場合に生じる連結角度(10)を予測するための手段(6)と、

30

前記予測した連結角度(10)を目標連結角度(11)と比較し、前記比較から、前記予測した連結角度(10)が前記目標連結角度(11)に対応するように設定点加速度(9)を計算することが可能な手段(12)と、

を有することを特徴とする、装置。

【請求項 11】

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の方法を実行するように設計されていることを特徴とする、請求項 10 に記載の装置。

【請求項 12】

前記角度差(7)の前記検出は、4 ms 以上 20 ms 以下のクロックレートで決定され得ることを特徴とする、請求項 10 または 11 に記載の装置。

40

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

ガス蒸気複合発電所(combined gas and steam power plant)では、ガスタービンが最初にガスの燃焼によって駆動される。蒸気タービン用の蒸気は、ガスタービンの廃熱により生成される。したがって、ガス蒸気発電所を始動するときに、ガスタービンを最初に稼動する。十分な蒸気が利用可能になるまで、蒸気タービンを作動し得ない。シングルシャフトシステムの場合、ガスタービンおよび発電機は、シャフトに常時接続されている。蒸気

50

タービンは、同じ軸に配置され、クラッチを介して接続され得る。したがって、蒸気タービンとガスタービンとを連結する必要がある。

#### 【0002】

実際、ここでは連結角度がランダムに生じる。特許文献1では、目標とする方式で連結角度を選択することを開示している。この方法で、振動負荷を最小する連結角度を選択することが可能である。したがって、大まかいえば、2つのタービンの不均衡をある程度まで補償することが可能である。特に、不均衡が一緒になって加わるように両方のタービンが連結されるクラッチと比較して、振動負荷の低減を達成することが可能である。このような利点にもかかわらず、この方法は使用されていない。

#### 【0003】

設定点回転速度差から導出され、検出した角度差、加速度、および所望の目標連結角度の関数として形成される加速度値による蒸気タービンの目標とする加速のための方法は、特許文献2及び特許文献3から知られている。

#### 【0004】

特許文献4は、蒸気タービンとガスタービンとを連結するための方法を開示しており、これは、1)ガスタービンの回転速度より低い出力回転速度まで蒸気タービンを加速するステップ、2)ガスタービンと蒸気タービンとの間の角度差を検出するステップ、3)設定点回転速度差から導出され、検出した角度差、加速度、および所望の目標連結角度の関数として形成される加速度値で蒸気タービンを加速するステップを有する。

#### 【0005】

特許文献5では、2本のシャフト、特に、ガスタービンおよび蒸気タービンを連結するための方法を開示している。第1のシャフトの回転速度および回転角度が検出され、第2のシャフトは、第1のシャフトの回転速度に対する第2のシャフトの回転速度を調整することによって制御される。この文脈において、第2のシャフトの加速度は、第2のシャフトが事前定義した回転速度に合わせて調整されるとすぐに第1のシャフト上のマークに関して事前定義した角度にあるように制御される。この方法では、同期速度より少し低い速度で、相対角度が一致するまで待つ。次いで、第2のシャフトが速やかに、短い時間だけ加速され、第1のシャフトに連結される。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0006】

【特許文献1】欧州特許出願公開第1911939号明細書

【特許文献2】欧州特許出願公開第2813675号明細書

【特許文献3】国際公開第2014/198649号

【特許文献4】国際公開第2015/124332号

【特許文献5】米国特許出願公開第2015/059347号明細書

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

本発明の目的は、所望の連結角度で連結するための代替的方法を利用可能にすることである。対応する装置(arrangement)も、開発される。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

以下に示す発明は、基本的に、広範な回転デバイスを広範なシャフトデバイスに連結するのに適しているが、象徴的に図解するために、蒸気タービンは、常に、回転デバイスの一例として選択され、ガスタービンはシャフトデバイスの一例として選択される。これは、現在の観点から最も重要である本発明の応用である。しかしながら、さらなる応用は明確に企図され得る。たとえば、様々な部分タービンも連結され得る。これは、タービンの一部が低負荷のときに稼動されず、電力要求が増大したときにのみ作動するシステムにおいて必要である。

10

20

30

40

50

## 【0009】

理解されていることは、蒸気タービンとガスタービンとを連結するための以下のステップを有する方法が利用可能出るべきであることであり、これらステップは、

ガスタービンと蒸気タービンとの間の角度差を検出するステップと、  
ガスタービンと蒸気タービンとの間の回転速度差を検出するステップと、

蒸気タービンが連結プロセスの開始までに既知の加速度で加速した場合に蒸気タービンとガスタービンとを連結する連結角度を予測するステップと、

予測した連結角度を目標連結角度と比較し、この比較から、予測した連結角度が目標連結角度に対応するように設定点加速度を計算するステップと、  
を有する。

10

## 【0010】

ガスタービンと蒸気タービンとの間の角度差および速度差を検出するのは、技術的測定に関して十分である。生じる連結角度の予測は、計算によって実行され得る。

## 【0011】

予測した連結角度を目標連結角度と比較するステップを用いることで、予測した連結角度が目標連結角度に対応するように設定点加速度を計算することが容易に可能である。

## 【0012】

予測に使用される、既知の加速は、測定値でなくてもよいことに留意されたい。したがって、蒸気タービンの加速度を測定する必要はない。

20

## 【0013】

一実施形態において、この予測は、回転デバイスの回転速度がシャフトデバイスの回転速度に達するか、または選択した値だけそれを超えるとすぐに連結プロセスの開始が行われるとの仮定に基づく。したがって、自己同期クラッチの場合の比が表され得る。そのようなクラッチは、蒸気タービンの回転速度がガスタービンの回転速度よりわずかに高くなるとすぐに連結プロセスが行われるような機械的構造で製作される。したがって、自己同期クラッチが使用される場合、連結プロセスは、特定の非常に遅い回転速度差で自動的に開始する。したがって、予測のためにちょうどこれを仮定することが有利である。

## 【0014】

一実施形態において、計算した設定点加速度は、既知の加速度に対する値として使用される。すでに述べているように、既知の加速度を測定する必要はない。一般的な法則として、設定点加速度として計算される値が既知の加速度について選択された場合に、非常によい結果が達成され得る。

30

## 【0015】

一実施形態において、蒸気タービンは、目指す目標連結角度とは無関係である選択した速度で、好ましくはガスタービンの回転速度より低い出力回転速度まで加速される。したがって、加速度は、従来技術では慣例的である方法に関して何も変えずにその点まで容易に達成され得る。

## 【0016】

一実施形態において、選択した加速度は一定である。多くの場合、大部分において持続的に出力回転速度まで加速することが適切である。

40

## 【0017】

一実施形態において、連結角度の予測は、選択した加速度で出力回転速度に達したときに開始される。述べたように、連結角度を予測するために使用される、既知の加速度を測定技術に関して検出することは必要でない。その代わりに、操作は多くの場合、計算した設定点加速度で実行される。しかしながら、予測の開始時には、この値が設定されていない限りこれに対して存在している値はまだない。上記の実施形態のように、蒸気タービンが連結角度の予測の開始時に選択した加速度、多くの場合は一定の加速度で加速される限り、選択した加速度が既知の加速度として使用されることが適切である。選択した加速度が、多くの場合に、設定点値であることが依然として受け入れられ、蒸気タービンが選択した加速度で実際に加速されることは保証されない。しかしながら、ズレは、この方法が

50

それにもかかわらず機能するために十分に小さい。

【0018】

一実施形態において、出力回転速度は、約0.5Hzから約1.5Hzだけ、好ましくは約0.9Hzから約1.1Hzだけシャフトデバイスの回転速度より低い。これらの値により、一方では、出力回転速度まで速やかに加速することが可能であり、他方では、所望の角度差での迅速かつ目標とする連結が可能であることが明らかになった。

【0019】

一実施形態において、設定点加速度の計算の際に、連結プロセスにおいて、角度差は連結回転角度によって変えられることが知られている。連結回転角度は、ここではより詳しくは追求しない機械的理由から連結プロセスにおいて生じる。ここでは、連結回転角度が生じ、それぞれの連結に依存することを知るだけで十分である。さらに、連結回転角度は一定であり、したがって、計算時に難なく考慮され得る。

【0020】

一実施形態において、設定点加速度は、タービン制御ユニットに伝えられる設定点回転速度に変換される。設定点回転速度は、設定点加速度を適切に積分することで得られる。

【0021】

この時点において、タービン制御ユニットに関する概要を述べる。タービン制御ユニットは、蒸気タービンへの蒸気の供給量を設定する弁の位置を用いてタービンの速度を制御する。周知のタービン制御ユニットは、入力信号として設定点回転速度を必要とする。タービン制御ユニットは、それに応じて、タービンの加速度を保証する。したがって、設定点加速度は、設定点回転速度の伝達によって、所望の通りに得られる。回り道することが好ましければ、設定点加速度から設定点回転速度を最初に決定する方法は、慣例的なタービン制御ユニットを使用することができることのみに依存する。

【0022】

本発明は、また、対応する装置に関する。一実施形態において、この装置は、上で説明されている方法を実行するように設計される。繰り返しを回避するために、装置に関して、方法に関係する上記の説明を参照する。一般に、対応するようにプログラミングを適合させることで十分である。

【0023】

装置の一実施形態において、角度差の検出は、約4msから約20ms以下のクロックレートで決定され得る。これは、上で説明されている方法を実行するために非常に役立つ、既知の装置の修正を伴う。角度差は、したがって、よりよく決定され得る。

【0024】

本発明は、例示的な実施形態に基づき、図を使用して、以下でより詳しく説明される。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】ガス蒸気発電所のシングルシャフトシステムを示す図である。

【図2】一連の連結角度の予測および設定点加速度の制御を示す図である。

【図3】設定点加速度の制御およびタービン制御ユニットの相互作用を示す図である。

【図4】測定した角度差および予測した連結角度のシミュレーションを示す図である。

【図5】制御した加速度のシミュレーションを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

図1は、ガス蒸気複合発電所の、本発明のための本質的構成要素を示している。シャフト1は、本質的特徴と考えられるべきである。ガスタービン2は、上記シャフト1に取り付けられ、それと一緒に回転する。それに加えて、ガスタービン2によって駆動される発電機3が示されている。

【0027】

シャフト1は、クラッチ4によって伝達を遮断される。クラッチ4は、自己同期クラッチとして具現化される。

10

20

30

40

50

## 【0028】

蒸気タービン5は、クラッチ4に隣接するシャフト1の部分内に配置される。したがって、クラッチ4は、蒸気タービン5をガスタービン2に連結する機能を有する。ここで、これは基本的にシャフト1のそれぞれのシャフト部分のクラッチであることは明らかである。しかしながら、上記シャフト部分は、ガスタービンまたは蒸気タービンに固定して接続されるので、蒸気タービン5をガスタービン2に連結することについてなされている言及に対して、それは両方とも事実上正しく、また象徴的な図で裏付けられる。

## 【0029】

図2は、連結角度の予測および設定点加速度の制御のプロフィールを示している。ガスタービン2と蒸気タービン5との間の検出した角度差7、およびガスタービン2と蒸気タービン5との間の検出した速度差8は、予測モジュール6に含まれる。それに加えて、設定点加速度9が含まれ、これは下に示される。

10

## 【0030】

予測モジュール6において、連結角度10は、角度差7、速度差8、および設定点加速度9から決定され、連結角度10は、蒸気タービン5が、クラッチ4が連結プロセスを開始するまで設定点加速度9により加速された場合に得られる。自己同期クラッチとしての設計のおかげで、その設計により、クラッチ4は、蒸気タービン5の回転速度がガスタービン2の回転速度をわずかに超えるとすぐに連結プロセスを開始することに留意されたい。

## 【0031】

20

予測の結果得られる予測した連結角度10は、事前定義した目標連結角度11と比較される。設定点加速度9は、予測した連結角度10と目標連結角度11との間の差から加速度モジュール12において決定される。すでに述べたように、この設定点加速度9は、予測モジュール6に伝えられる。さらに、設定点加速度9は、積分器13に伝えられる。蒸気タービンの設定点回転速度14は、連結プロセスの開始まで時間の経過とともに設定点加速度9を積分することによって設定点加速度9から積分器13において決定される。

## 【0032】

設定点回転速度14は、図3において明らかなように、タービン制御ユニット15に伝えられる。そのようなタービン制御ユニットは、従来技術から知られている。完全を期すために、それにもかかわらず、タービン制御ユニット15の表現を簡単にする。タービン制御ユニットは、設定点回転速度14を受け取り、それを測定した蒸気タービン回転速度16と比較する。蒸気タービン弁19の設定点位置18は、設定点回転速度14と蒸気タービン回転速度16との比較から速度モジュール17において決定される。

30

## 【0033】

設定点位置18は、検出した蒸気タービン弁位置20と比較される。これに基づき、位置モジュール21は、調整ユニット22が蒸気タービン弁19をどのように設定するかを決定する。

## 【0034】

上記のことから、設定点加速度を使用する新しい連結方法は、既存の制御概念内に容易に組み込むことができることが明らかになる。

40

## 【0035】

図は、これらのステップの概略図と考えられるべきである。一方のステップがモジュール内で行われ、さらなるステップが別のモジュールで行われるという予測は、モジュールが必ず異なる構成要素でなければならないということを意味しない。したがって、共通コンピュータユニット上でロットを実行することが可能である。重要なのは、むしろステップの論理的順序付けである。

## 【0036】

図4は、検出した角度差および予測した連結角度の時間プロフィールを図示している。時間は、単位を秒として横軸にプロットされ、角度は、単位を度として縦軸にプロットされる。検出した角度差のプロフィールは、破線で示され、予測した連結角度は、実線で示

50

される。

【0037】

図5では、制御した加速度のシミュレーションが、時間に対してプロットされている。時間は、単位を秒として横軸にプロットされている。加速度は、ランダム加速度値まで単位をパーセンテージとして縦軸上にプロットされる。85 sから90 sまでの間の大きい下降は、連結プロセスのせいである。曲線のプロフィールの残り部分はもはや重要でない。連結プロセスの後、蒸気タービン5およびガスタービン2は、当然、同じ速度である。

【0038】

本発明は、好ましい例示的な実施形態を用いてより詳細に図示され説明されたが、本発明は、開示されている例によって限定されず、また本発明の保護の範囲から逸脱することなく当業者によってそれらから他の変更形態が導出され得る。

10

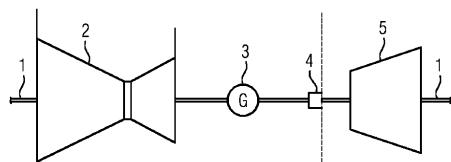
【符号の説明】

【0039】

1 シャフト、2 ガスタービン、3 発電機、4 クラッチ、5 蒸気タービン、6 予測モジュール、7 角度差、8 速度差、9 設定点加速度、10 連結角度、11 目標連結角度、12 加速度モジュール、13 積分器、14 蒸気タービンの設定点回転速度、15 タービン制御ユニット、16 蒸気タービン回転速度、17 速度モジュール、18 設定点位置、19 蒸気タービン弁、20 蒸気タービン弁位置、21 位置モジュール、22 調整ユニット

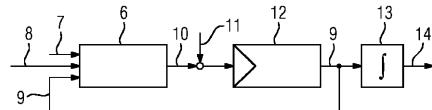
【図1】

FIG 1



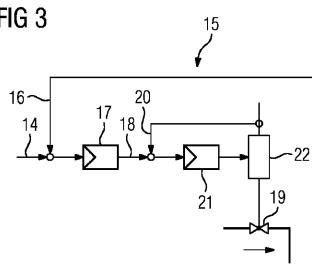
【図2】

FIG 2



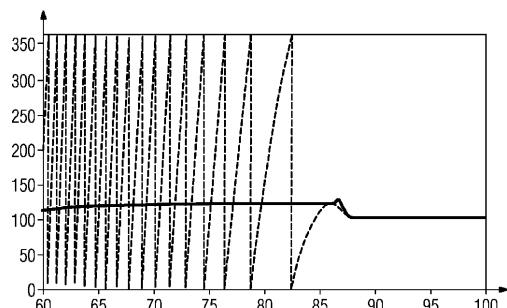
【図3】

FIG 3



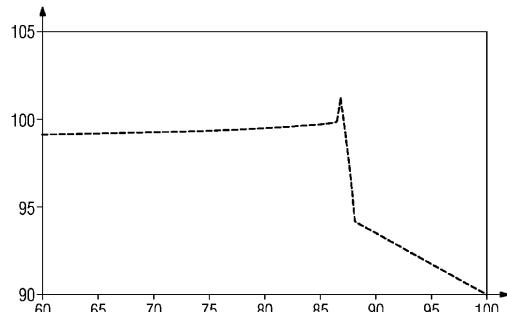
【図4】

FIG 4



【図5】

FIG 5



---

フロントページの続き

(72)発明者 ゲルタ・ツィマー

ドイツ・45468・ミュールハイム・アン・デア・ルール・シュタイラー・ヴェーク・12

審査官 北村 一

(56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0059347(US, A1)

欧州特許出願公開第02910742(EP, A1)

欧州特許出願公開第02813675(EP, A1)

欧州特許出願公開第03012420(EP, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 02 C 7 / 36

F 01 D 13 / 00 - 13 / 02 ; 17 / 06 ; 19 / 00

F 01 K 23 / 12 - 23 / 16

F 16 D 23 / 10 ; 48 / 02