

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4030997号

(P4030997)

(45) 発行日 平成20年1月9日(2008.1.9)

(24) 登録日 平成19年10月26日(2007.10.26)

(51) Int. Cl.	F I	
FO2C 7/275 (2006.01)	FO2C 7/275	
FO2C 7/26 (2006.01)	FO2C 7/26	E
FO2C 7/268 (2006.01)	FO2C 7/268	
FO1D 15/10 (2006.01)	FO1D 15/10	C
FO2N 11/00 (2006.01)	FO2N 11/00	U
請求項の数 24 (全 12 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2004-503795 (P2004-503795)	(73) 特許権者	599078705
(86) (22) 出願日	平成15年4月18日(2003.4.18)		シーメンス パワー ジェネレーション
(65) 公表番号	特表2005-525501 (P2005-525501A)		インコーポレイテッド
(43) 公表日	平成17年8月25日(2005.8.25)		アメリカ合衆国 フロリダ州 32826
(86) 国際出願番号	PCT/US2003/012098		-2399 オーランド エムシー301
(87) 国際公開番号	W02003/095827		アラファヤ・トレイル 4400
(87) 国際公開日	平成15年11月20日(2003.11.20)	(74) 代理人	100088454
審査請求日	平成17年1月12日(2005.1.12)		弁理士 加藤 紘一郎
(31) 優先権主張番号	10/143,281	(72) 発明者	ネルソン, ロバート, ジェイ
(32) 優先日	平成14年5月10日(2002.5.10)		アメリカ合衆国 フロリダ州 32803
(33) 優先権主張国	米国(US)		オーランド レイク・フォーモサ・ドラ
			イブ 722 エス
		審査官	寺町 健司
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃焼タービンの始動方法及びその方法を実施するように構成された燃焼タービン発電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸と、始動回転速度を有し運転時に軸を駆動する燃焼タービンと、軸に連結されたロータと、ロータを取り囲むステータと、軸に連結されたアーマチャ及び回転整流器を有する直流界磁励磁機と、アーマチャを取り囲む直流界磁巻線と、軸を回転させるターニングギアとより成る燃焼タービン発電装置の始動方法であって、

ロータが直流界磁励磁機の回転整流器から全ての直流電力を受ける形に接続されるように燃焼タービン発電装置を構成し、

ターニングギアにより軸を回転させて直流界磁励磁機が発電装置のロータに直流界磁電力を供給するようにし、

軸の回転につれて可変周波数及び可変電圧の電力をステータに供給して、ステータがロータと協働することによりモータとして動作して軸の回転速度を燃焼タービンの始動回転速度まで上昇させるステップより成る燃焼タービン発電装置の始動方法。

【請求項2】

構成ステップは、ロータをブラシまたはスリップリングが欠落した状態に構成することより成る請求項1の方法。

【請求項3】

ターニングギアは公称回転速度と上方回転速度とを有し、軸をターニングギアにより回転させるステップは、軸の回転速度を公称回転速度から上方回転速度に増加させることより成る請求項1の方法。

【請求項 4】

ステータへの電力の供給はターニングギアにより上方回転速度に到達すると行われる請求項 3 の方法。

【請求項 5】

ステータへの電力供給開始とほぼ同時にターニングギアを切り離すステップをさらに含む請求項 4 の方法。

【請求項 6】

燃焼タービンは最大始動時間を有し、ステータへの電力供給ステップは最大始動時間の前に軸が始動回転速度に到達するように電力を供給することより成る請求項 1 の方法。

【請求項 7】

直流界磁励磁機はブラシなし直流界磁励磁機より成る請求項 1 の方法。

【請求項 8】

直流界磁励磁機の磁界に電力を供給するステップをさらに含む請求項 1 の方法。

【請求項 9】

ステータへの電力供給は静止周波数コンバータから電力を供給することより成る請求項 1 の方法。

【請求項 10】

軸と、始動回転速度を有し運転時に軸を駆動する燃焼タービンと、軸に連結されたロータと、ロータを取り囲むステータと、軸に連結されたアーマチャ及びアーマチャを取り囲む直流界磁巻線を有しロータがアーマチャから全ての直流電力を受けるように接続された直流界磁励磁機と、軸を公称回転速度と上方回転速度との間で回転させるターニングギアとより成る燃焼タービン発電装置の始動方法であって、

ターニングギアにより軸を上方回転速度に回転させて直流界磁励磁機がロータへ直流電力の全ての直流電力を供給するようにし、

上方回転速度に到達すると、軸の回転につれてステータに電力を供給することによりステータがロータと協働してモータとして動作して軸の回転速度を燃焼タービンの始動回転速度まで上昇させるステップより成る燃焼タービン発電装置の始動方法。

【請求項 11】

ステータへの電力供給後にターニングギアを切り離すステップをさらに含む請求項 10 の方法。

【請求項 12】

燃焼タービンは最大始動時間を有し、ステータへの電力供給ステップは最大始動時間の前に軸が始動回転速度に到達するように電力を供給することより成る請求項 10 の方法。

【請求項 13】

直流界磁励磁機はブラシなし直流界磁励磁機より成る請求項 10 の方法。

【請求項 14】

直流界磁励磁機の磁界に電力を供給するステップをさらに含む請求項 10 の方法

【請求項 15】

ステータへの電流供給ステップは、ステータの過電圧状態を回避するために電力を供給することより成る請求項 10 の方法。

【請求項 16】

ステータへの電流供給ステップは、静止周波数コンバータから電力を供給することより成る請求項 10 の方法。

【請求項 17】

燃焼タービン発電装置であって、

軸と、

始動回転速度を有し、運転中に軸を駆動する燃焼タービンと、

軸に連結されたロータと、

ロータを取り囲むステータと、

軸に連結されたアーマチャ及びアーマチャを取り囲む界磁巻線を有し、ロータに接続さ

10

20

30

40

50

れた回転整流器に電力を供給して全ての直流電力がロータに供給されるようにする直流界励磁機と、

軸を回転させるためのターニングギアと、

可変周波数及び大きさが可変の電力をステータに供給するステータ電源と、

ターニングギア及びステータ電源に接続された始動コントローラとより成り、

始動コントローラは、

ターニングギアの回転を制御して、直流界励磁機が全ての直流電力をロータに供給するようにし、

ステータ電源を制御して、軸が回転するにつれてステータがロータと協働してモータとして動作し軸の回転速度を燃焼タービンの始動回転速度まで上昇させるようにステータ電源が電力をステータに供給するようにする燃焼タービン発電装置。

10

【請求項 18】

ロータはブラシまたはスリップリングが欠落した状態である請求項 17 の燃焼タービン発電装置。

【請求項 19】

ターニングギアは公称回転速度と上方回転速度とを有し、始動コントローラは、軸をターニングギアにより回転させ、軸の回転速度を公称回転速度から上方回転速度に増加させる請求項 17 の燃焼タービン発電装置。

【請求項 20】

ステータ電源は軸が上方回転速度に到達すると電力をステータに供給する請求項 19 の燃焼タービン発電装置。

20

【請求項 21】

ターニングギアは、ステータ電源によるステータへの電力供給の開始とほぼ同時に軸を切り離す請求項 20 の燃焼タービン発電装置。

【請求項 22】

燃焼タービンは最大始動時間を有し、始動コントローラは軸をターニングギアにより回転させ、ステータ電源は最大始動時間の前に軸が始動回転速度に到達するようにステータに電力を供給する請求項 17 の燃焼タービン発電装置。

【請求項 23】

直流界励磁機はブラシなし直流界励磁機より成る請求項 17 の燃焼タービン発電装置。

30

【請求項 24】

ステータ電源は静止周波数コンバータである請求項 17 の燃焼タービン発電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的に、発電装置にかかわり、さらに詳細には、燃焼タービン発電装置及びその始動方法にかかわる。

【背景技術】

【0002】

40

燃焼タービン発電装置は発電用として電力会社により広く用いられている。燃焼タービン発電装置は、発電機及びその発電装置を駆動する燃焼タービンを包含する。発電機は、ステータに取り囲まれたロータがステータ内で回転すると電力を発生させる。燃焼タービンは、ロータに連結された軸を回転させて発電機を駆動する。軸はタービン内の高温ガスの膨張により回転される。入口に流入した空気が空気圧縮機により圧縮されて燃焼器に送り込まれ、そこで燃料（例えば、天然ガス）が燃焼すると高温ガスが発生する。高温ガスはタービン内を進むと、膨張したガスが軸を駆動してロータを回転させる。

【0003】

発電機は、電力の発生に必要な磁束を発生させるための励磁が必要である。ブラシなし直流界励磁機のような励磁機は必要な励磁電力を供給できる。励磁機は、通常、軸に連

50

結された回転アーマチャとアーマチャを取り囲む界磁巻線とを有する。タービンが軸を回転させると、軸が界磁巻線の内部でアーマチャを回転させることによりロータに電流を供給する。

【0004】

従来型燃焼タービン発電装置は、通常、自己始動能力を備えていない。従って、始動には、モータまたは他の外部装置により軸の回転速度をタービンが引き継いで軸を駆動する回転速度まで上昇させる必要がある。

【0005】

従来型燃焼タービン発電装置を静的始動するために、静的始動装置を使用することができ。この方式では、静止周波数コンバータ（SFC）を用いて可変周波数及び大きさが可変の三相交流電力が発電装置のステータに供給されると共に励磁装置による界磁巻線への直流励磁が行われる。同期発電機は同期モータとして作動される。ステータ周波数が増加すると、軸は同期状態を維持するために加速し、燃焼タービンシステムの点火速度に到達する。現在の静的始動装置は、スリップリング及びカーボンブラシを用いる静止型励磁システムにより直流励磁電力を供給する。別の始動システムとして、本願と同じ譲受人の所有になる本願発明の発明者の米国特許第6,285,089号に開示されたものがある。この特許は、軸の回転速度とは無関係に、また、スリップリングまたはブラシを使用せずに、励磁電力をロータに供給する交流（AC）誘導励磁機を開示している。それにもかかわらず、従来型燃焼タービン発電装置には交流誘導励磁機を具備されていない。

【0006】

一般的に、静的始動方法は、始動時にロータに励磁電力を供給するためにスリップリングとブラシの別個のセットを使用しない限りブラシなし直流界磁励磁機を用いる発電装置では不可能であると考えられている。もっとも、スリップリング及びブラシを装備し保守を行うとコストが高くつく。また、別個の始動用電源を維持するのも高コストにつながる。さらに、始動用静的励磁システムを用いると振動及び動作に関連して機械的な懸念が生じる。

【発明の概要】

【0007】

上記背景に鑑みて、本発明の目的は、直流界磁励磁機を使用し、スリップリングまたはブラシを具備しない燃焼タービン発電装置の始動方法を提供することにある。

【0008】

上記及び他の目的、特徴及び利点は、燃焼タービン発電装置の軸を回転させて軸により駆動される直流界磁励磁機により全ての直流電力を発電機のロータ界磁巻線に供給することにより、また、電力を発電機のステータに、例えば静止周波数コンバータにより供給することにより発電装置を始動する方法により提供される。その結果、軸にかかる電氣的トルクが軸の回転速度を上昇させる。トルクは軸の回転を加速してブラシなし励磁機により供給される界磁電流を増加させ、ロータに供給される電力を増加させ、増加した電力により加速が連続して行われて、燃焼タービンが点火速度で回転するようになる。詳述すると、燃焼タービン発電装置は、軸と、軸を駆動する燃焼タービンとを有する。事実上軸が反らないようにするために、軸がタービンにより駆動されない時はターニングギアにより軸を回転させることができる。燃焼タービン発電機はまた、通常、軸に連結されたロータと、ロータを取り囲むステータとを有する。軸に連結されたアーマチャと、アーマチャを取り囲む界磁巻線とより成る直流界磁励磁機もまた、燃焼タービン発電機の一部を構成するものである。

【0009】

本発明の方法は、直流界磁励磁機のアーマチャから始動に必要な全ての直流電力を受けられるようにロータが接続される形に燃焼タービン発電装置を構成するステップを含む。従って、タービン発電装置の構成ステップは、ロータからブラシまたはスリップリングが欠落させるか、またはこれらが既にロータに含まれる場合はブラシまたはスリップリングをただ使用しないようにするステップを含む。

【0010】

燃焼タービン発電装置のターニングギアは、公称回転速度と、上方回転速度とを有する。従って、本発明の燃焼タービンの始動方法は、軸の回転速度を公称回転速度から上方回転速度に増加させるステップを含む。ターニングギアにより軸を回転させ、ブラシなし直流界磁励磁機を回転させると、この界磁機が発電機のロータに直流電力を発生させ、また発電機のロータとステータとの間のギャップにそれに対応する磁束を発生させる。速度が増加すると、界磁電流、従って磁束も増加する。

【0011】

軸が回転すると電力がステータに供給される。その結果、ステータの電流もそれに対応する磁束を発生させる。ロータからの磁束とステータからの磁束は相互作用して、軸にトルクを発生させ、その速度を上昇させる。

10

【0012】

軸が上方回転速度に到達すると、直流界磁励磁機に界磁電圧が印加される。その後、ターニングギアが切り離される。軸が回転すると、軸の回転速度が上方回転速度に到達した時にステータに電力が供給される。燃焼タービン発電装置は最大始動時間を有する。従って、最大始動時間の前に軸が始動回転速度に到達するようにステータに電力が供給される。ステータを流れる電流により内部ステータ電圧が発生する。従って、ステータの過励磁または過磁束（即ち、過大な電圧／ヘルツ）の状態を回避しながら、しかも所与の速度でロータを適宜加速または回転させるに十分なトルクを供給するようにステータに電力が供給される。

20

【0013】

本発明は、別の局面において、上述した始動方法を実現するように構成された燃焼タービン発電装置にかかわる。燃焼タービン発電装置は、軸、軸を駆動する燃焼タービン、軸に連結されたロータ、ロータを取り囲むステータ、及び軸に連結されたアーマチャと軸を取り囲む直流界磁巻線とを有する直流界磁励磁機を有する。軸を回転させるためにターニングギアが用いられる。燃焼タービン発電装置はまた、始動時にステータに電力を供給するステータ電源を有する。

【0014】

始動コントローラはターニングギアとステータ電源に接続可能である。始動コントローラは、ターニングギアを制御して、直流界磁励磁機がロータに全ての直流電力を供給するように軸を回転させる。始動コントローラはまた、ステータ電源を制御して、軸が回転中に電力がステータに供給されるようにする。

30

【実施例】

【0015】

本発明を、好ましい実施例を示す添付図面を参照して以下に詳説する。しかしながら、本発明は多種多様な形態で実現可能であり、本願に示す実施例に限定されると解釈すべきでない。これらの実施例は、本願発明の内容を完全に伝え、当業者に本願発明の範囲を伝達するために提供するものである。同じ参照番号は全体を通して同様な部分を指すものである。

【0016】

最初に図1及び2を参照して、本発明による燃焼タービン発電装置10の始動方法を説明する。燃焼タービン発電装置10は、図示のように、軸12と、運転時に該軸を駆動する燃焼タービン14とを有する。燃焼タービン発電装置10はまた、軸により駆動されるロータ16と、ロータを取り囲むステータ18とを有する。直流界磁励磁機20は、軸12により駆動されてロータに直流電力を供給する。燃焼タービン発電装置10はさらに、発電装置が運転停止状態にある時軸12を回転させるターニングギア22を有する。燃焼タービン発電装置10はまた、軸12を回転するためにターニングギアと係合するクラッチ24を有する。

40

【0017】

燃焼タービン発電装置10が発電状態にない時、ターニングギア22は、通常、軸が反

50

る傾向を減少させるように軸を回転させるべく係合状態にある。この回転は通常、公称回転速度である。

【0018】

既述のように、直流界励磁機20は軸12により駆動される。直流界励磁機20は、軸12に装着された回転アーマチャ30を有し、静止直流磁界32が回転アーマチャを取り囲む。直流界励磁機は、当業者であれば容易にわかるように、ブラシなし直流界励磁機でよい。ターニングギア22が軸12を回転させると、回転アーマチャ30は静止磁界32内で回転して交流電流を発生させる。交流電流は、例えば、軸12に装着されたダイオードホイール整流器（図示せず）による直流電流への変換が可能である。当業者であれば容易にわかるように、この直流電流はロータ16に供給されて発電機を励磁する。10
発電装置10が運転停止状態にあり、ターニングギア22が公称回転速度で軸12を回転させている時、励磁機20が発生させる発電装置のロータ電流はこれに応じて小さいものである。

【0019】

フローチャート34に示すように、燃焼タービン発電装置10の始動方法は、スタート（ブロック36）後に、ロータ16が直流界励磁機20のアーマチャ30から始動時に必要な全ての直流電力を受ける形に接続されるように発電装置を構成するステップ（ブロック38）を含む。この構成ステップは、始動ブラシ及びスリップリングが欠落した形にロータ16を構成するステップを含む。しかしながら、以下に説明する後続のステップは、既にそのように構成された燃焼タービンの始動に同様に適用可能である。従って、本発明は、別の実施例において、例えば、始動ブラシ及びスリップリングが欠落した燃焼タービンを含む、ロータ16が直流界励磁機20のアーマチャ30から全ての直流電力を受ける形に接続されるように構成された燃焼タービン発電装置の始動方法を提供する。20

【0020】

燃焼タービン発電装置10がロータ16が直流界励磁機20から全ての直流電力を受けるように構成され、ターニングギア22により軸12が回転されると、直流界励磁機は全ての直流電力をロータに供給する。軸12は、公称ターニングギア速度より大きい上方ターニングギア速度を持つことができる。従って、ブロック40において、軸12の回転速度はターニングギア22が軸を回転させる回転速度を増加することにより上昇する。

【0021】

当業者であれば容易にわかるように、励磁機20からロータ16に供給される発電装置のロータ電流は軸12の回転速度の上昇につれて増加する。従って、ターニングギア22により軸12の回転速度を増加すると、発電装置のロータ電流が増加する。ブロック42において、軸12の回転速度をターニングギア22により上方回転速度に上昇させて電流を増加させ、それに応じた磁束を発生させる。

【0022】

ブロック44では、軸の回転につれて電力がステータ18に供給されるのとほぼ同時に、界磁電圧が直流界励磁機20に印加される。図示のように、界磁電圧は、軸12を回転させるターニングギア22が上方回転速度に到達すると印加される。もっとも、当業者であれば容易にわかるように、種々の動作条件の下で、この上方回転速度は必ずしも制限された速度ではなく、動作状態に応じて異なるものでよい。40

【0023】

ターニングギア22は、上方回転速度に到達すると切り離される（ブロック46）。ターニングギア22はクラッチ24により切り離される。ブロック48では、ステータ電源からステータ18に電力が供給されるが、このステータ電源は図示のようにステータに接続された静止周波数コンバータ26により供給される。電力は、静止周波数コンバータ26からの電流をステータ18に供給してステータにステータ電流を発生させることにより供給される。当業者であれば容易にわかるように、他の電源装置の使用も可能である。ステータ電流はまた、発電機のロータ電流により発生される磁束と相互作用する対応磁束を発生させ、発電装置をモータとして働かせる。

10

20

30

40

50

【0024】

軸12の回転速度の増加につれて、発電機のロータ電流も増加する。発電装置のロータ電流の増加により磁束の強度が増加するが、その結果、軸12の回転速度はさらに増加して、最終的に燃焼タービン14の始動回転速度に到達する。軸12が始動回転速度に到達すると、燃焼タービン14が引き継いで軸を駆動することができる。ステータ電源26が切り離され、発電装置は電力の供給を開始することができる。

【0025】

燃焼タービンは最大始動時間を有する。従って、電力がステータに供給され（ブロック48）、それにより、望ましくは、軸が最大始動時間の前に始動回転速度に到達する（ブロック50）。そうすると、燃焼タービン14はブロック57で始動される。何らかの理由により、最大時間が経過しても始動が行われない場合、始動プロセスを打ち切ることができる（ブロック56）。ステータ18の過励磁または過磁束（即ち、過大電圧／ヘルツ）状態を回避するように電力が供給される。ブロック52で判定するように、かかる状態が発生すると、当業者であればわかるように、始動プロセスを打ち切るか、または「磁界弱化」方式によりただ界磁電圧を減少すればよい。

10

【0026】

以下の説明用の計算は、発電装置のロータを十分な速度で回転させて発電装置の減衰トルクを超える初期トルクを得るべく十分なロータ磁束が得られるように適当な励磁電圧を確実に発生できると仮定すれば、スリップリングを使用しない同期発電装置により静的始動を実現できることを示すためのものである。発電装置の励磁を一定に維持できれば、このトルクはロータ速度に比例して増加する。図示のシステムは同様な静的励磁型システム（静止時に実質的な発電装置ロータ励磁を適用できるため、低速では高トルクを利用できる）の能力に正確にマッチしないが、設計を適切に行うと静的励磁型装置の性能に近づけることができるように思われる。最も重要なことは、このシステムは、北米で市販される燃焼タービン発電装置の性能条件を満足するように思える。

20

【0027】

説明用の計算は、200MWを超える能力と、線間16kVの発電機端子電圧 V_t を有し、ブラシなし励磁機と100rpmターニングギアを備えた通常の燃焼タービン発電装置のものである。この方法を用いて、静止周波数コンバータ及び静的励磁方式を使用する始動システムの性能をシミュレーションした。その後、シミュレーションをブラシなし励磁機の使用に合わせて修正した。

30

【0028】

図3の曲線35は、実際の始動テスト時に速度の増加につれて発電装置の軸の回転速度が時間的に変化する様子を表す。このタービンでは、点火速度は100rpmの初期回転速度からほぼ850rpmの所で生じる。その後、始動プロセスを、軸系統の運動方程式を立て、テスト結果から適当な係数を求めることによりシミュレーションした。運動方程式は、

$$T_{elec} = J d\omega / dt + D\omega^2,$$

上式において、

T_{elec} ＝静止周波数コンバータ（SFC）によるステータ電流により発生する磁束とロータの励磁電流による磁束との相互作用による電気トルク；

40

J ＝ロータ軸の慣性（タービン、発電装置、励磁機または集電器、ターニングギアの結合装置、ギアボックスなどの慣性の和）；

ω ＝回転速度（ラディアン／秒またはrpm）；及び

D ＝ロータ系統の減衰トルク係数（タービン圧縮機の風損、発電機の風損、軸受などに関連する）。これは単純化されたモデルであり、発電装置の風損、ロータ表面の渦電流損失のような或る特定の二次的影響を無視するものであるが、サイズ決定条件を予測する目的では十分に正確なものであるということがわかっている。

【0029】

T_{elec} （電氣的トルク）は、始動時に発電機のステータに入力される電力から予測した

50

。

$$T_{elec} = P_{elec} / \omega = K \times \sqrt{3} \times I_{sfc} \times E_i / \omega,$$

上式において、

I_{sfc} = SFCにより供給される相毎のステータ電流；

E_i = 励磁状態のロータの回転による内部起電力（3600rpm同期発電機では、 $E_i = I_{rotor} / I_{FNL} \times \omega / 377 \times V_t$ 、この式において、 I_{rotor} は発電機のロータに供給される界磁電流である）；及び

K = 単位、 E_i と I_{sfc} の間の位相角差、及び実験的に求めた他のパラメータの関数である比例定数。

【0030】

10

テスト結果から適当なパラメータを得て、上述したパラメータによるシミュレーションを行った。シミュレーションと元のテストの結果を図4に示す。図4に示す計算による速度と時間の曲線37は、十分な精度で実際のテスト（曲線36）に近似するものに思え、それらの間の差は主として、無視できる上述した二次的影響のせいに行うことができる。

【0031】

その後、ブラシなし励磁機を設けることができる空冷発電機の使用、また、静的励磁システムの代わりとしてのブラシなし励磁機の置換に合わせてシミュレーションを調整した。励磁機の置換は、 E_i 関係式の量 I_{rotor} をロータ速度の関数とすることにより行った。この励磁機は、励磁機の励磁が最大で、100rpmにおいて発電機の無負荷界磁電流（ I_{FNL} ）の3分の1を供給し、300rpmにおいて I_{FNL} の100%に増加できる特性を有する。このサイズの発電機の始動プロセス時には、発電機の界磁電流は、通常、低速での空調が不十分な領域におけるロータ界磁巻線の過熱を回避するために I_{FNL} の100%乃至120%に制限される。発電機の置換は、端子電圧の調整及びロータ軸の慣性の調整を必要とした。SFCにより供給される電流（この場合、定格SFC電流の30%）は、2つのケースについて一定値に保持され、第3のシミュレーションでは50%に増加することができた。

20

【0032】

図5は3つのシミュレーションの比較結果を示す。図示のように、静的励磁機始動装置（SES）を用いる始動をシミュレーションし（曲線39）、50%SFC電流を用いるブラシなし励磁による始動シミュレーション（曲線41）及び30%SFC電流を用いるブラシなし励磁による始動シミュレーション（曲線43）と比較した。ブラシなし励磁機の使用により100rpmから300rpmへの所要時間はほぼ2倍になるが（ロータ電流は同じ）、ブラシなし及び静的励磁システムを用いる性能はこのレベルの上方でほぼ同じである。始動時間の増加は約25秒に過ぎず、幾分高いレベルのSFC電流（公称の50%まで）を用いると始動時間が静的励磁装置を有する同じ始動システムよりも短い値に減少した。連続するSFC電流は、通常、始動システムを高速（点火後）にするための条件であって、低速で加速（機械的問題により制限される）するための条件に基づかないが、ブラシなし励磁機による始動システムの性能は静的励磁システムを用いる始動システムの性能にほとんど匹敵するものにできるようである。

30

【0033】

40

これらのシミュレーションは、本願に述べる方法を用いると、ブラシなし励磁機を有する燃焼タービン発電装置を始動モータとして始動させ、静止周波数コンバータ（SFC）に発電機ステータ電流を供給させ、ブラシなし励磁機に発電装置界磁電流を供給させることにより、このブラシなし励磁機を有する燃焼タービン発電装置を始動できることを示している。この方式は、同じSFC電流による静的励磁を用いる方式よりも速度が遅いかもかもしれないが、装置パラメータ及び使用条件を最適化することにより静的励磁による始動の速度に近づけることが可能であると思われる。普通の励磁手段としてブラシなし励磁を用いる発電装置では、ブラシなし励磁機方式は静的始動のための他の始動方法よりも相当程度低コストでなければならない。

【0034】

50

さらに図 6 を参照して、本発明に従って上述の方法を実現するように構成された燃焼タービン発電装置 10 を説明する。既述の構成要素、即ち、軸 12、タービン 14、ロータ 16、ステータ 18、励磁機 20、ターニングギア 22 及びステータ電源 26 とは別に、燃焼タービン発電装置 10 は、図示のように、始動コントローラ 28 を有する。始動コントローラ 28 はターニングギア 22 及びステータ電源 26 に接続されている。

【0035】

始動コントローラ 28 は、図示のように、プロセッサ 58 及びプロセッサに接続されたメモリ 60 を有する。始動コントローラ 28 は、キーボード 62 により命令を入力し、ディスプレイスクリーン 64 によりユーザーによりデータを表示する入出力装置に接続されている。

10

【0036】

始動コントローラ 28 はまた、図示のように、プロセッサ 58 に接続され、軸 12 の回転速度を示す軸センサー 66 を有する。軸 12 の回転をモニターすると、ターニングギア 22 の回転速度がモニターできる。あるいは、始動コントローラ 28 が軸センサー 66 に加えて、またその代わりに、ターニングギアセンサーを備えるようにしてもよい。

【0037】

さらに、始動コントローラ 28 は、図示のように、プロセッサ 58 とターニングギア 22 との間に接続されたターニングギアインターフェイス 68 を有する。プロセッサ 58 は、ターニングギアインターフェイス 68 を介して、ターニングギア 22 の回転速度を制御する。上述したように、ターニングギア 22 は、通常、タービン発電装置 10 が運転中ではない時軸を回転させる公称速度と、軸を駆動して直流界磁励磁機 20 のアーマチャ 30 を回転させることにより直流電力をステータ 18 に供給する上方回転速度とを有する。従って、始動時、軸センサー 66 は軸 12 の回転速度をモニターし、プロセッサ 58 は、ターニングギアインターフェイス 68 を介して、ターニングギア 22 が軸 12 の回転速度を上方回転速度まで増加させるようにする。

20

【0038】

始動コントローラ 28 はまた、軸 12 が上方回転速度でロータ 16 を駆動する時にステータ電源 26 にステータ 18 へ電力を供給させる。従って、始動コントローラ 28 は、図示のように、プロセッサ 58 とステータ電源 26 との間に接続されたステータ電源インターフェイス 70 を有する。プロセッサ 58 は、ステータ電源インターフェイス 70 を介して、ステータ電源 26 にステータ 18 へ電力を供給させる。

30

【0039】

始動コントローラ 28 はまた、図示のように、プロセッサとターニングギアクラッチ 24 との間に接続されて、ステータ電源が電力をステータ 18 に供給した後、ターニングギア 22 を軸 12 から切り離すターニングギアクラッチ制御装置 72 を有する。さらに、始動コントローラ 28 は、図示のように、プロセッサ 58 に接続されて、軸 12 が最大始動時間までに始動回転速度に到達しない場合は始動コントローラ 28 による始動を中断できるようにするタイマー 74 を有する。また、始動コントローラ 28 は、図示のように、プロセッサ 58 と電圧センサー 78 との間に接続されて、ステータ 18 の電圧をモニターする過電圧モニター 76 を有する。ステータ電源 26 からステータ 18 へ、プロセッサの制御により供給される電力は、ステータ 18 に過電圧状態が発生する可能性を減少するために必要であれば減少される。

40

【0040】

本発明の多数の変形例及び他の実施例は、上記説明及び関連の図面に示された教示から当業者に想到されるであろう。従って、本発明は図示説明した特定の実施例に限定すべきでなく、変形例及び他の実施例も頭書の特許請求の範囲内に含まれるように意図されていることを理解すべきである。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図 1】本発明による燃焼タービン発電装置の概略図である。

50

【図 2】 図 1 の燃焼タービン発電装置の始動方法を示すフローチャートである。

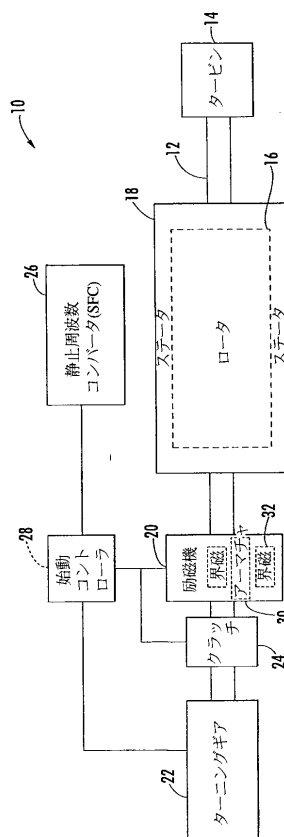
【図 3】 実際の始動テスト時における発電装置の軸の回転速度と時間の関係を示すグラフであり、本発明に従って使用される値を表す。

【図 4】 始動テスト時における発電装置の軸の実際の回転速度と時間の関係を示すグラフ及び回転速度計算値と時間の関係を示すグラフであり、本発明に従って使用される値を表す。

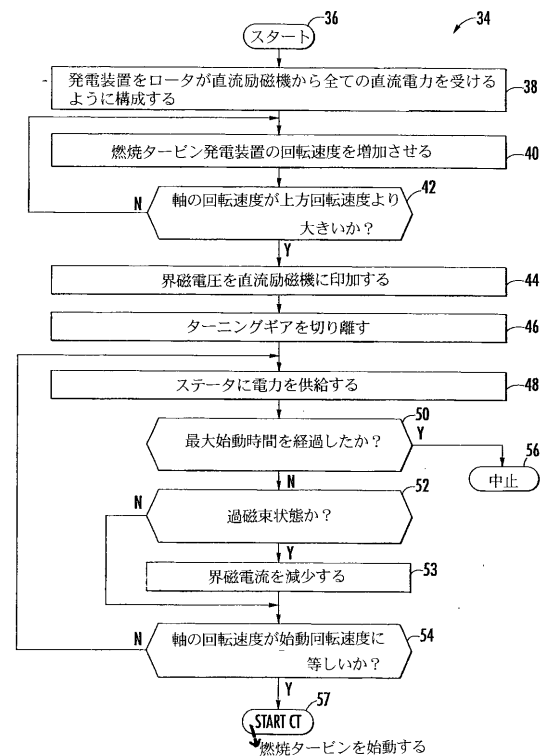
【図 5】 静的励磁機始動システム及びブラシなし励磁機による始動時間を示すグラフであり、本発明に従って使用される値を表す。

【図 6】 図 1 に示す燃焼タービン発電装置のコントローラを示す詳細図である。

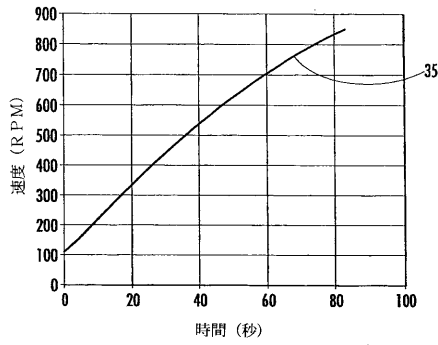
【図 1】



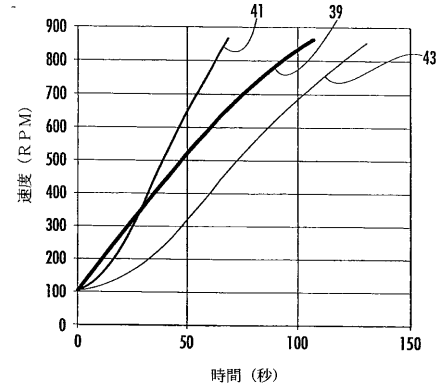
【図 2】



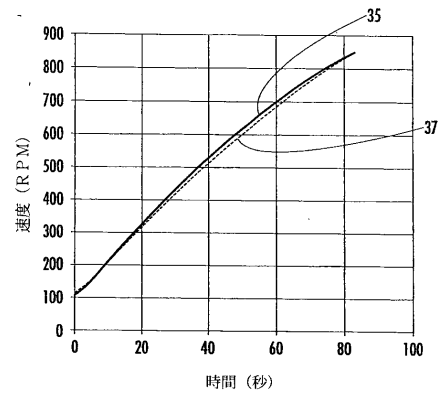
【図 3】



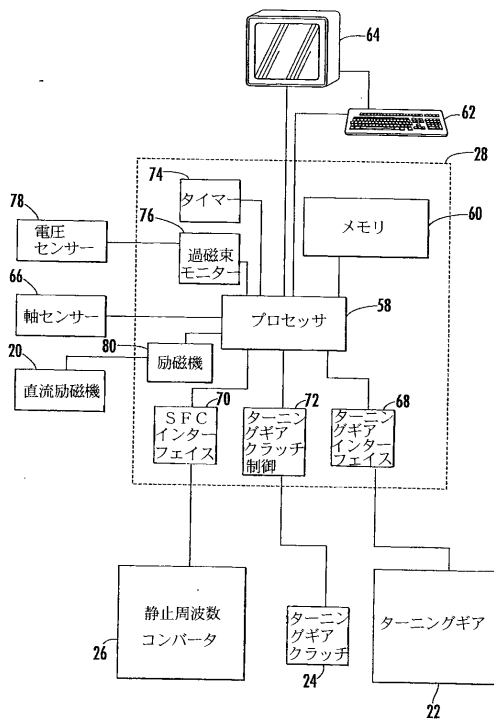
【図 5】



【図 4】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
F 0 2 N 11/04 (2006.01)		F 0 2 N 11/04	A
F 0 2 N 11/08 (2006.01)		F 0 2 N 11/08	L
H 0 2 P 9/04 (2006.01)		F 0 2 N 11/08	V
		H 0 2 P 9/04	F

(56)参考文献 特表2003-515308 (JP, A)
特開昭48-24115 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C	7/26,268,275,277
F02C	7/32
F01D	15/10
F02N	11/00
F02N	11/04
F02N	11/08
H02P	9/04
H02K	7/18