

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-514817
(P2004-514817A)

(43) 公表日 平成16年5月20日(2004.5.20)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
FO1K 13/02	FO1K 13/02	3G071
FO1D 17/00	FO1K 13/02	3G081
FO1D 19/00	FO1D 17/00	
FO1K 3/02	FO1D 19/00	
FO1K 23/10	FO1K 3/02	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 34 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-541222 (P2002-541222)
 (86) (22) 出願日 平成13年11月12日 (2001.11.12)
 (85) 翻訳文提出日 平成15年5月12日 (2003.5.12)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2001/002133
 (87) 国際公開番号 W02002/038919
 (87) 国際公開日 平成14年5月16日 (2002.5.16)
 (31) 優先権主張番号 100 56 231.0
 (32) 優先日 平成12年11月13日 (2000.11.13)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

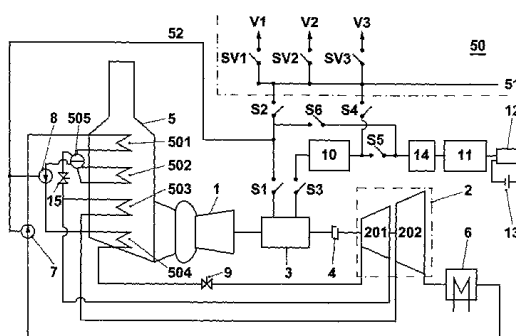
(71) 出願人 502071274
 アルストム (スイツァーランド) リミテッド
 スイス国、5401バーデン、ブラウン・ボベリ・ストラッセ、7
 (74) 代理人 100069556
 弁理士 江崎 光史
 (74) 代理人 100092244
 弁理士 三原 恒男
 (74) 代理人 100093919
 弁理士 奥村 義道
 (74) 代理人 100111486
 弁理士 鍛冶澤 實

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合サイクル発電所の始動および負荷方法

(57) 【要約】

エネルギーを有していない配電網で発電プラントを負荷する場合、この発電プラントは、短時間のすべての出力要求を満たし、その際配電網周波数を許容誤差帯域内に保持できるようにしなければならない。本発明は、効率的な複合サイクル発電プラントによってこれを可能にする方法を提供する。本発明では、ガスタービン(1)が、配電網(50)の過渡的な応答しないで、下側出力範囲において、設定された負荷プログラムに従って制御されて負荷される。発電プラントが配電網に接続される前に、排熱回収蒸気発生器(5)がエネルギー貯蔵器として加熱され、蒸気制御弁(9, 15)を強く絞った状態で蒸気タービン(2)が少なくとも定格回転数にもたらされる。ガスタービンによって満たされない、配電網の短時間の負荷要求には、蒸気タービンが応答する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

配電網が負荷される前に水と蒸気の循環回路が加熱され、蒸気タービン(2)が始動し、この場合ガスタービン(1)がその負荷範囲の少なくとも一部において、設定された負荷プログラムに従って負荷され、この場合配電網の過渡的な負荷要求が蒸気タービンの出力を変化させることによって満たされる、エネルギーを有していない配電網(50)を始動させる際に複合サイクル発電所を運転するための方法。

【請求項 2】

ガスタービン(1)が配電網に接続される前に或る時間にわたって空転するかまたは複合サイクル発電所の固有エネルギー供給のための出力で運転され、この時間の間水と蒸気の循環回路にエネルギーが供給されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

10

【請求項 3】

ガスタービンの負荷プログラムに少なくとも 1 つの区切り点が設けられ、この区切り点で水と蒸気の循環回路にエネルギーが更に供給されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の方法。

【請求項 4】

排熱回収蒸気発生器の高圧部分(504)からの蒸気が一時的に蒸気タービン(2)の低圧/中圧部分(202)に供給されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 5】

排熱回収蒸気発生器(5)の少なくとも 1 つのドラム(505)が蒸気エネルギー貯蔵器として利用されることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の方法。

20

【請求項 6】

配電網の過渡的な出力要求を満たすために、蒸気タービン出力のほかに、単独始動ディーゼル(11)の出力が使用されることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

技術分野

本発明は、複合サイクル発電所を運転するための方法に関する。本発明は特に、複合サイクル発電プラントを始動および負荷するための方法に関する。この方法は特に、エネルギーを有していない配電網内で複合サイクル発電プラントを負荷する際の、複合サイクル発電プラント内での出力の調整および出力の分配に関する。

30

【0002】

技術水準

エネルギーを有していない配電網(ブラックグリッド)の再運転開始の際、過渡的な負荷への迅速な応答と周波数サポートに関する発電プラントの能力に対して特別な要求がなされる。配電網を負荷開始し、続いて消費部を運転開始する際に、配電網の負荷は連続的に上昇しないで、例えば多数の電動諸費部を備えた工場を接続する際に、実効出力要求と、数百 kW 乃至数メガワットの無効電力要求が急激に変化することになる。この負荷の急激な変化の絶対的な大きさが小さいときには、1 個の発電プラントによってこの負荷の急激な変化を満たさなければならない。配電網の電力消費全体がたったの数 MW、例えば 5 MW のあるときには、下側の負荷範囲においてこの条件下で、発電プラントの制御性能および周波数サポート可能性に対してどのような要求がなされるかは明らかである。

40

【0003】

この要求は原理的には、短い応答時間を有するガスタービン装置によってきわめて良好に満たされる。それにもかかわらず、少なくとも下側の負荷範囲における、有害物質の少ない、ガスタービンの最新の予混合バーナー技術の使用に関する開発は、火炎安定性の理由から最高負荷勾配を制限する結果となった。更に、この最新の構造の若干のガスタービンの場合、数 MW 幅の或る出力帯域では運転が不可能である。

50

【0004】

従って、技術水準では電気需要計画において、エネルギーを有していない配電網の再始動時の要求を満足する特別なユニットを準備しなければならない。例えばピーク負荷ガスタービンやディーゼル機器の形態の適当な手段が準備される。しかし、この手段は比較的の不経済でエミッションが多く、そうでない場合には運転時間が短い設備である。実際の持続停止までのきわめて希な運転の際のこの設備の始動性を維持するために、高い保守整備コストが必要である。更に、売却電力によって設備コストを取り戻すことができない。

【0005】

すなわち、技術水準では適当な予備品の維持のコストが非常に高い。他方では、発電所経営者は自由化された電気マーケットにおいて配電網経営者から、この単独始動能力を準備するために必要な高い金額をもらうことができる。

10

【0006】

発明の開示

上記から、持続運転される最新の経済的なプラントで単独始動手段を準備することが、発電所経営者に望まれる。

【0007】

そこで、本発明の過大は、エミッションの少ない予混合バーナー技術による最新のガスタービンを基礎とする複合サイクル発電プラントによって、任意のプラント負荷時に周波数サポートを可能にする方法を提供することである。

【0008】

この課題は本発明に従い、エネルギーを有していない配電網を始動させる際の複合サイクル発電所を運転するための方法において、配電網が負荷される前に水と蒸気の循環回路にエネルギーが供給され、蒸気タービンが始動し、この場合ガスタービンがその負荷範囲の少なくとも一部において、設定された負荷プログラムに従って負荷され、この場合配電網の過渡的な負荷要求が蒸気タービンの出力を変化させることによって満たされることによって解決される。

20

【0009】

ここで、水と蒸気の循環回路のエネルギー供給とは、水と蒸気の循環回路の加熱であると理解される。これは他方では、ボイラ内での新鮮蒸気圧力の連続する漸次上昇または容器への蒸気の連続する供給であってもよい。圧力下にある、沸騰温度近くの水は同様に、圧力低下時に自然発生的に多量の蒸気を準備することができる効率的なエネルギー溜めである。普通の場合、本発明思想の実現の際、これらの方法の組み合わせが適用される。この場合、専門家には、水と蒸気の循環回路をエネルギー貯蔵器として使用するという他の方法がよく知られている。

30

【0010】

すなわち、本発明の本質は、技術水準で一般的であるように、蒸気タービンの熱応力を制限することによって蒸気タービンへの新鮮蒸気供給を調整することではなく、新鮮蒸気供給を実際に始動相においても出力調整のために使用することである。その際、寿命を短縮する蒸気タービンの機械的な過負荷は一時的に甘受される。それにもかかわらず、このような事象は実際にまれにしか発生せず、複合サイクル発電プラントが実際に本発明による方法で運転される可能性自体がきわめて小さい。それにもかかわらず、プラントを本発明による運転方法のために準備し、適当なプログラムをプロセス制御技術で実施することが重要である。これは上述のように、既に相当な金額の流れを発生する。

40

【0011】

本発明による方法の場合、水と蒸気の循環回路にできるだけ多くのエネルギーが蓄えられ、このエネルギーが蒸気の形態で蒸気タービンに短時間供給されると有利である。従って、ガスタービンが定格回転数まで始動した後で先ず最初に配電網開閉器を開放しかつ発電機開閉器を閉じることによって複合サイクル発電所の固有給電のために単独運転されると、方法にとって有利である。この時間内では、ガスタービンの排気熱が、水と蒸気の循環回路にエネルギーを供給し、運転の準備をするために使用される。既にそのとき蒸気ター

50

ピンが始動されると有利である。水と蒸気の循環回路が所定の状態に達した後で初めて、配電網開閉器が閉じられる。そのとき初めて、複合サイクル発電所は配電網の出力要求を満たすことができる。本発明による方法では、水と蒸気の循環回路と蒸気タービンは、過渡的な出力要求を満たす際に蒸気タービンへの蒸気の供給によってガスタービンを補助する準備が来ている。更に、負荷プログラムに他の区切り点を設け、この区切り点で水と蒸気の循環回路に連続して他更にエネルギーを供給すると有利である。それによって、短時間供される蒸気タービンの出力が更に上昇する。

【0012】

水と蒸気の循環回路は本発明による方法では、高温高圧蒸気の形態で迅速に供される熱エネルギーのためのアキュムレータとして運転される。

10

【0013】

複合サイクル発電プラントがドラム型ボイラを備えていると、高圧ドラムおよび/または低圧ドラムを、エネルギー貯蔵器として使用することができる。方法を実施するためのプラントの場合、ドラムがエネルギー貯蔵器として過大寸法に形成されると有利である。ドラム内には蒸気のほかに沸騰水が貯蔵される。蒸気タービンの出力要求時に蒸気を供給しなければならず、ボイラと蒸気タービンの間に配置された主制御弁を開放しなければならない、好ましい方法の実施形の場合には、ボイラ内の背圧が少しだけ自然発生的に低下する。飽和水は沸騰し、多量の蒸気を迅速に供することができる。

【0014】

方法の他の有利な実施形では、蒸気発生器の高圧部分からの蒸気が少なくとも一時的に蒸気タービンの低圧部分または中圧部分に供給される。そのために、蒸気発生器の高圧部分内の圧力が一時的に低下させられるかあるいは蒸気発生器と蒸気タービンの間の圧力が絞られる。この方法の実施形の利点は、蒸気タービンの減圧中およびガスタービンの任意の負荷時の新鮮蒸気温度が低いときに、蒸気湿度が上昇しすぎない点にある。

20

【0015】

蒸気タービンには勿論、補助ボイラから不可的な蒸気を供給することができる。

【0016】

図面の簡単な説明

次に、図に基づいて本発明を詳しく説明する。図は単独始動可能な複合サイクル発電プラント（コンバインドサイクル発電プラント、コンバインド発電プラント）の例を示している。水と蒸気の循環回路と電気的な回路はきわめて概略的に示してあり、本発明の理解のために直接必要な要素だけが示してある。図は判りやすくするためのものであると理解すべきであり、本発明の特許請求の範囲を制限するために用いるべきではない。

30

発明の実施の形態

図には、単独始動可能な複合サイクル発電プラントが例示的に示してある。次に、この発電プラントに基づいて本発明の方法を説明する。ガスタービン1と蒸気タービン2は共通の1個の発電機3を駆動する。その際、高圧ケーシング201と中圧/低圧ケーシング202を備えた蒸気タービン2は、それ自体公知のごとく、自動的に作用するクラッチ4を介して発電機3に連結されている。ガスタービンの排気は排熱回収蒸気発生器（排熱回収ボイラ）5を流れる。この排熱回収蒸気発生器では、蒸気タービン用の蒸気が発生させられる。その際、凝縮器6からの凝縮液は低圧/中圧給水ポンプ7によって第1の圧力レベルになる。この給水は給水予熱器501を流通し、低圧/中圧ドラム505に流入する。低圧/中圧ドラム505からの水は低圧/中圧蒸発器502を通過して循環する。ドラム505内では沸騰水と飽和蒸気の分離が行われる。沸騰水の一部は更に低圧/中圧蒸発器502を通過して循環する。この蒸発器において沸騰水の一部が蒸発する。ドラム内の沸騰水の他の部分流は、高圧給水ポンプ8によって第2の圧力で搬送される。強制流通蒸発器504内で高圧給水が蒸発し、発生した蒸気が過熱される。高圧蒸気は最後に蒸気制御弁9を経て蒸気タービン2の高圧ケーシング201の流入口に流れる。この蒸気タービンにおいて高圧蒸気は有効出力を排出ながら、循環する水と蒸気の最初の圧力レベルにほぼ一致する圧力に減圧される。ドラム内で分離された飽和蒸気はドラムから流出し、低圧/中圧

40

50

過熱器に案内される前に部分的に減圧された第1の部分流と混合する。過熱された蒸気はこの低圧/中圧過熱器から蒸気タービンの低圧/中圧ケーシング202の流入口に案内され、有効出力を放出しながら凝縮器圧力に減圧される。減圧された蒸気は凝縮器6で再び液化される。上記の水と蒸気の循環回路はきわめて簡略化して示してある。この循環回路は、本発明の本質に触れないで、圧力段と予熱段の数および蒸発器の種類が異なるように構成することが可能である。低圧/中圧蒸発器は特に強制流通式蒸発器および強制流通式過熱器として形成可能である。ボイラは更に高圧ドラムを備えていてもよい。多数の他の変形が専門家によく知られている。プラントの普通の運転中、発電機開閉器S1と配電網開閉器(配電網遮断器)S2は閉じている。開閉器S3~S6は開放している。配電網開閉器S2を介して発電プラントは電気回路網50に接続されている。この電気回路網は一般的に、多数の発電所と多数の消費部V1, V2, V3...が接続されている大きな系統連係である。この消費部は開閉器SV1, SV2, SV3...を介して断続される。本実施の形態では、発電所が配電網開閉器S2を介して高電圧母線51に接続され、或る数の消費部が開閉器を介してこの高電圧母線に接続可能である。更に、電気的な回路は非常に簡略して示してある。変圧器と、保護開閉器と、本発明の直接的な理解のために不要な他の要素は省略されている。高出力の電気回路網は一般的に、変動する出力需要にきわめて鈍感であり、負荷下で運転される発電プラントは元々周波数サポートのための適当な予備を備えている。

10

【0017】

発電プラントの普通のスタート時には、先ず最初に開閉器S1, S2, S5, S6が開放される。開閉器S4は閉じられ、始動装置10、例えば静的な周波数変換器が高電圧母線51に接続される。始動装置10は開閉器S3を介して、動力で運転される発電機3に接続され、ガスタービンは先ず最初に点火回転数まで回転数が上昇し、或る回転数まで軸の加速を補助するために運転されたままである。遅くともガスタービンの定格回転数で、開閉器S3, S4が開放され、ガスタービンは空転する。開閉器S1が閉鎖され、発電機から固有給電母線52を経て発電所に給電することができる。そして発電プラントは外部から給電しないで単独運転可能である。この場合例示的な図示では、給水ポンプ7, 8が固有給電母線52に接続されている。次のステップでは発電プラントは配電網と同期化され、配電網開閉器S2が閉じられる。ガスタービンの出力は少なくとも下側の負荷範囲において、設定された負荷プログラム(ローディングプログラム)に従って制御されて高められる。蒸気タービン2が始動させられる。蒸気タービンが定格回転数に達するや否や、蒸気タービンは自動的に作用するクラッチ4を介して発電機に接続される。熱応力による蒸気タービンの機械的な負荷を制限するために、蒸気制御弁9は設定された蒸気タービンの負荷プログラムに従っておよび/または測定された材料温度に依存してゆっくりと蒸気量を増やす。これにより、複合サイクル発電プラントは配電網負荷に依存しないで、設定された目標出力まで運転される。配電網50の周波数サポートは配電網に接続された他のプラントによって行われる。

20

30

【0018】

配電網にエネルギーがないときには、基本的に状況が異なる。この場合、配電網50に接続可能なプラントの単独始動性が要求される。そのために、例示した複合サイクル発電所は単独始動ディーゼル11を備えている。開閉器S1~S6は開放されている。単独始動ディーゼル11は起動電動機(スタータ)12によって始動させられる。この起動電動機にはバッテリー13から給電される。単独始動ディーゼル11は補助発電機14を駆動する。開閉器S5が閉じられ、始動装置10に補助発電機14から給電される。上述のように、開閉器S3が閉じられ、ガスタービンが定格回転数にもたらされる。そして、開閉器S3, S5が開放される。ガスタービンの始動の前に、開閉器S6によって補助発電機14が固有給電母線52に接続される。これにより、ボイラの始動を準備することができる。そのために、給水ポンプ7, 8を運転することができる。できるだけ早い時期に凝縮器6が排気される。ガスタービンが無負荷で定格回転数に達した後で、単独始動ディーゼル11は好ましい実施の形態では差し当たり空転にとどまるかあるいは最も必要な発電所構成

40

50

要素に電気エネルギーを供給する最小の負荷にとどまる。発電機開閉器 S 1 が閉じられ、ガスタービン 1 によって駆動される発電機 3 が発電所の固有給電のための出力を供給する。今や、発電所は外部からのエネルギー供給または補助エネルギー供給に依存しないで、単独運転で独立して運転される。まだ行われていない場合には、給水ポンプ 7, 8 が運転され、凝縮器 6 が排気される。単独運転中、排熱回収ボイラ 5 はできるだけ加熱され、蒸気生成が開始される。蒸気制御弁 9, 15 は閉鎖されているかまたは強く絞られている。十分な蒸気状態に達すると、蒸気タービンは定格回転数で回転する。その後で、開閉器 S 2 が閉じ、発電所が最小出力で配電網 50 の最高電圧母線 51 に接続され、そのときまで無エネルギーであった配電網 50 に電流を供給する。消費部開閉器 S V 1, S V 2, S V 3 . . . のほとんどが開放される。その際、消費部は配電網セグメント全体であってもよい。発電所の出力はゆっくり上昇する。この程度に応じて勿論消費部を接続しなければならないので、配電網の出力要求は発電機出力にほぼ一致する。小さな偏差に対してシステムは配電網周波数の変動によって応じる。配電網周波数を許容し得るインターバルに保持するために、発電所は出力変更によって上記配電網周波数に回答しなければならない。順々に接続された消費部 V 1, V 2, V 3 . . . は無限小ではなく、特に配電網負荷の初期相で全体出力に対してかなりの大きさである。最初の時点で、発電所の回転慣性質量は、タービンの有効出力放出の変化によって調整可能になる前に、負荷変動を緩衝する。技術水準では、負荷の急激な変化のときに周波数サポートを行うために、ガスタービンの出力調整に介入する。これは冒頭で述べたように、最新のガスタービンでは少なくとも、例えば相対的なガスタービン負荷の 40 ~ 50 % までの下側の負荷範囲において不可能である。更に、負荷要求はガスタービン出力の許容されない範囲に入る。相対的なガスタービン負荷またはガスタービン出力とは、専門家にとって、ガスタービンの実際の最大出力に対するガスタービンの実際に放出される有効出力の比であると理解される。この最大出力は周囲条件やガスタービンの運転パラメータに大きく依存する。本発明では、蒸気タービンは低出力でまたは空転時に定格回転数にある。弁 9 ~ 15 は強く絞られている。排熱回収蒸気発生器 5 では、エネルギーが圧力下の水と蒸気の形で貯蔵される。好ましい実施の形態では、低圧 / 中圧ドラム 505 は過大寸法であり、沸騰水の補助貯蔵器として機能する。これは原理的には高圧ドラムによっても行うことができる。しかし実際には、適当な大きさの高圧貯蔵器は特に強度に関して大きな問題がある。調整弁 15 を開放することによって、沸騰水の形態でドラム内に蓄えられたエネルギーを利用することができる。この沸騰水は背圧の低下によって蒸発し、発生した飽和蒸気は過熱器 503 で過熱され、中圧 / 低圧タービンに供給される。同様に、蒸気調整弁 9 が開放され、高圧蒸気タービン 201 の出力放出が同様に自然発生的に増大する。このような方法は熱衝撃を発生し、蒸気タービン構成要素内の熱応力が上昇し、従って寿命が事情によってはきわめて短くなる。これはしかし、不足周波数または過周波数に基づいて発電所が緊急遮断される恐れなしに、上記の方法がエネルギーのない配電網の問題のない始動を可能にするときに許容される。更に、蒸気タービンが配電網の始動中にできるだけ早く負荷下で運転され、それによって両方向、すなわち不足周波数がさし迫っているときおよび過周波数がさし迫っているときに、蒸気タービンの出力調整部が応答することができる。ガスタービンの出力は設定された負荷プログラムに従って制御されて上昇する。ガスタービンは始動中少なくとも下側の負荷範囲において負荷変動に回答しない。周波数サポート、すなわち過渡的な負荷急変化の調整は、上記の方法で蒸気タービンによって行われる。その際、ガスタービンの負荷プログラムが複数の区切り点を有すると有利である。この区切り点では、排熱回収蒸気発生器がエネルギー貯蔵器としてエネルギーを更に供給する。これは蒸気タービンの短期間の出力ポテンシャルを改善する。他の有利な方法では、開閉器 S 6 が閉じる。この場合、単独始動ディーゼルの出力も周波数サポートのために用いることができる。ガスタービン出力が所定の限界値に達し、典型的な場合相対出力が約 40 % 以上の値、好ましくは 50 % よりも大きな値であるときに、ガスタービンは出力要求の短期間の変化に回答することができる。続いて、ガスタービンはもはや制御負荷されないで、周波数サポートのために調整されて運転され、場合によってはその最大出力まで更に負荷される。蒸気タービンは調整さ

10

20

30

40

50

れなくなり、過剰の熱応力を回避しながら慣用のごとくゆっくりと負荷される。更に、ガスタービンと蒸気タービンの間の負荷分配は特別なプラント運転構想に応じて行われる。更に、場合によってはまだ運転されているディーゼルを停止することもできる。

【0019】

有利な方法では、低いボイラ温度の際に排熱回収蒸気発生器の高圧部分504からの蒸気が蒸気タービンの低圧/中圧部分202に供給される。そのために、高圧給水ポンプ8によって供給される圧力を一時的に低下させると特に有利である。排気温度ひいては新鮮蒸気温度が低いときに、蒸気タービン内の蒸気湿度が上昇しすぎないようにすると非常に有利である。そのために必要な蒸気管路と絞り機構または遮断機構は、見やすくするために図には記載していない。しかし、専門家は、この記載を知ることによって、本発明のこの変形を適当に形成された複合サイクル発電プラントで容易に実現することができる。

10

【0020】

専門家にとって、実施の形態の特別な構造のほかに、本発明を実施可能である一連の他のプラント構造が自由に考えられる。特に、図示した水と蒸気の循環回路は制約されない。専門家にとって多数のいろいろな実施の形態が容易に考えられる。はっきりと説明していない所望な方法が本発明の思想の範囲内に存在する。これはしかし、特許請求の範囲に記載した発明に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

単独スタート可能な複合サイクル発電プラントの例を示す。

20

【符号の説明】

1	ガスタービン	
2	蒸気タービン	
3	発電機	
4	自動作用クラッチ	
5	排熱回収蒸気発生器	
6	凝縮器	
7	給水ポンプ	
8	高圧給水ポンプ	
9	蒸気調整弁	30
10	始動装置	
11	単独始動ディーゼル	
12	スタータ	
13	バッテリー	
14	補助発電機	
15	蒸気調整弁	
50	配電網	
51	高電圧母線	
52	固有給電母線	
201	高圧ケーシング	40
202	低圧/中圧ケーシング	
501	給水予熱器	
502	低圧/中圧蒸発器	
504	高圧蒸発器および高圧過熱器	
505	低圧/中圧ドラム	
S1	発電機開閉器	
S2	配電網開閉器	
S3	開閉器	
S4	開閉器	
S5	開閉器	50

S 6	開閉器
S V 1	消費部開閉器
S V 2	消費部開閉器
S V 3	消費部開閉器
V 1	消費部
V 2	消費部
V 3	消費部

【国際公開パンフレット】

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Mai 2002 (16.05.2002)

PCT

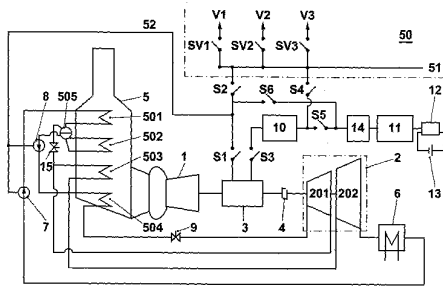
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/38919 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: **F01K 23/10** [CH/CH]; Schlierenstrasse 21, CH-5408 Ennetbaden (CH). **MÜLLER, Peter** [CH/CH]; Brunnenwisstrasse 13, CH-8115 Hüttikon (CH). **HEPNER, Stephan** [DE/CH]; Wagenrain 483, CH-5628 Althäusern (CH).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB01/02133
- (22) Internationales Anmeldedatum: 12. November 2001 (12.11.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 100 56 231.0 13. November 2000 (13.11.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ALSTOM (SWITZERLAND) LTD** [CH/CH]; Brown Boveri Str. 7, CH-5401 Baden (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BLATTER, Richard**
- (74) Anwälte: **BOLIS, Giacomo** usw.; Alstom (Switzerland) Ltd., CHSP Intellectual Property, Haselstrasse 16/699/5, OG, CH-5401 Baden (CH).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR STARTING UP AND LOADING A COMBINED POWER PLANT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ANFAHREN UND BELASTEN EINES KOMBIKRAFTWERKS



(57) Abstract: When a power plant is loaded in a black grid, said power plant must be capable of fulfilling all short-term power requirements, whilst maintaining the network frequency within a permissible tolerance range. The invention provides a method for achieving this capability by means of an efficient combined power plant. According to the invention, the gas turbine (1) is loaded according to a predetermined loading programme and piloted in a lower power range, without responding to transient charges of the grid (50). Before the entry of the power plant into the grid, the waste-heat steam generator (5) is heated to accumulate energy and a steam turbine (2) is brought at least up to rated speed with the steam control valves (9, 15) heavily throttled. If there are short-term load requirements from the grid that cannot be covered by the gas turbine, the steam turbine responds.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/38919 A1

WO 02/38919 A1



eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) **Zusammenfassung:** Beim Belasten einer Kraftwerksanlage in einem energielosen Netz muss diese Kraftwerksanlage in der Lage sein, alle kurzfristigen Leistungsanforderungen zu erfüllen, und dabei die Netzfrequenz in einem zulässigen Toleranzband zu halten. Die Erfindung gibt ein Verfahren an, diese Fähigkeit mit einer effizienten Kombination bereitzustellen. Erfindungsgemäss wird die Gasturbine (1) in einem unteren Leistungsbereich gesteuert gemäss eines vorgegebenen Lastprogramms belastet, ohne auf Lasttransienten des Netzes (50) zu reagieren. Vor dem Anschalten der Kraftwerksanlage aufs Netz wird der Abhitzedampferzeuger (5) als Energiespeicher aufgeheizt, und eine Dampfturbine (2) wird bei stark gedrosselten Dampfregelventilen (9,15) zumindest auf Nenndrehzahl gebracht. Bei kurzfristigen Lastanforderungen von Netz, welche durch die Gasturbine nicht erfüllt werden können, reagiert die Dampfturbine.

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

1

VERFAHREN ZUM ANFAHREN UND BELASTEN EINES KOMBIKRAFTWERKS

5

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Kombikraftwerks. Sie betrifft insbesondere ein Verfahren zum Anfahren und Belasten einer Kombianlage. Dieses Verfahren betrifft speziell die Leistungsregelung und die Aufteilung der Leistung innerhalb der Kombianlage beim Belasten der Kombianlage innerhalb eines energielosen Stromnetzes.

15

Stand der Technik

Bei der Wiederinbetriebnahme eines energielosen Stromnetzes („Black Grid“) werden besondere Anforderungen an die Fähigkeiten einer Kraftwerksanlage zur schnellen Reaktion auf Lasttransienten und zur Frequenzstützung gestellt. Beim Auflasten eines Netzes und der sukzessiven Inbetriebnahme der Verbraucher steigt die Netzlast nicht stetig an, sondern etwa beim Zuschalten eines Industriebetriebes mit vielen elektromotorischen Verbrauchern kommt es zu Sprüngen der Effektivleistungsanforderung wie auch der Blindleistungsanforderung von einigen 100 kW bis in die Megawatt-Größenordnung. Wenn diese Lastsprünge auch absolut betrachtet klein sind, so müssen sie doch von einer einzigen Kraftwerksanlage erfüllt werden. Wenn dann die gesamte Leistungsaufnahme des Netzes nur bei einigen, beispielsweise 5, MW liegt, wird klar, welche Anforderungen an die

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

2

Regelungsgüte und die Frequenzstützungsfähigkeit einer Kraftwerksanlage im unteren Teillastbereich unter diesen Bedingungen gestellt werden.

Prinzipiell können diese Anforderungen sehr gut durch eine Gasturbinenanlage erfüllt werden, welche an sich geringe Antwortzeiten hat. Gleichwohl hat die Entwicklung hin zum Einsatz der modernen und schadstoffarmen Vormischbrennertechnologie in Gasturbinen zumindest im unteren Lastbereich zu einer Begrenzung der möglichen Lastgradienten aus Gründen der Flammenstabilität geführt. Daneben ist bei einigen Gasturbinen dieser modernen Bauarten ein Betrieb in gewissen Leistungsbändern von durchaus einigen MW Breite nicht möglich.

Somit müssen nach dem Stand der Technik in der Elektrizitätswirtschaft spezielle Einheiten bereitgehalten werden, die in der Lage sind, die Anforderungen beim Wiederanfahren eines energielosen Stromnetzes zu erfüllen. So können hier entsprechende Kapazitäten in Form von Peak-Load-Gasturbinen und Dieselaggregaten bereitgehalten werden. Es handelt sich dabei aber häufig um vergleichsweise unwirtschaftliche und emissionsreiche Anlagen, die ansonsten nur geringe Betriebszeiten aufweisen. Um deren Startverfügbarkeit bei sehr seltenem Betrieb bis faktischem Dauerstillstand aufrechtzuerhalten, ist ein hoher Wartungsaufwand nötig. Zudem amortisieren sich die Investitionen nicht über verkauften Strom.

In der Summe ist die Bereithaltung der entsprechenden Reserven also nach dem Stand der Technik sehr aufwendig. Andererseits können Kraftwerksbetreiber gerade in liberalisierten Elektrizitätsmärkten von den Netzbetreibern hohe Geldbeträge für die Bereithaltung dieser Schwarzstartkapazitäten erhalten.

30

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

3

Darstellung der Erfindung

Für die Kraftwerksbetreiber resultiert aus dem oben Gesagten der Wunsch, die entsprechenden Schwarzstartkapazitäten mit modernen, wirtschaftlichen, im
5 Dauerbetrieb arbeitenden Anlagen bereitzustellen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren anzugeben, welches es ermöglicht, mit einer Kombianlage, welche auf einer modernen, mit emissionsarmer Vormischbrennertechnologie ausgerüsteten Gasturbine basiert
10 eine Frequenzstützungsfähigkeit bei beliebiger Anlagenlast bereitzustellen.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren zum Betrieb eines Kombikraftwerks beim Anfahren eines energielosen Stromnetzes vor dem Belasten des Netzes ein Wasser-Dampf-
15 Kreislauf energetisch aufgeladen und eine Dampfturbine angefahren wird, und die Gasturbine wenigstens in einem Teil ihres Lastbereiches gemäss eines vorgegebenen Lastprogrammes belastet wird, wobei transiente Lastanforderungen des Netzes durch Veränderungen der Dampfturbinenleistung erfüllt werden.
20

Unter der energetischen Aufladung des Wasser-Dampf-Kreislaufes ist in diesem Kontext beispielsweise die Aufheizung des Wasser-Dampf-Kreislaufes zu verstehen. Andererseits kann dies auch eine sukzessive Steigerung des Frischdampfdruckes im Kessel oder eine sukzessive Aufladung eines Behälters
25 mit einem Dampfvolument sein. Ein unter Druck stehendes Wasservolumen nahe der Siedetemperatur stellt ebenfalls ein sehr effizientes Energiereservoir dar, das bei einer Druckabsenkung spontan grosse Mengen Dampf bereitzustellen vermag. Im Normalfalle wird bei der Realisierung der Erfindungsidee eine Kombination dieser Möglichkeiten angewendet werden,
30 wobei dem Fachmann auch durchaus andere Möglichkeiten geläufig sind, einen Wasser-Dampf-Kreislauf als Energiespeicher zu betreiben.

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

4

- Kern der Erfindung ist es also, die Frischdampfzufuhr zur Dampfturbine nicht, wie nach dem Stand der Technik üblich, so zu regeln, dass die thermischen Spannungen in der Dampfturbine begrenzt werden, sondern die Frischdampfzufuhr tatsächlich auch in der Anfahrphase zur Leistungsregelung einzusetzen. Dabei wird eine lebensdauerverkürzende mechanische Überlastung der Dampfturbine temporär bewusst in Kauf genommen. Gleichwohl tritt ein solches Ereignis in der Praxis nur selten ein, und die Wahrscheinlichkeit, dass eine Kombianlage tatsächlich einmal nach dem erfindungsgemässen Verfahren betrieben wird, ist an sich recht gering.
- 10 Gleichwohl ist entscheidend, dass die Anlage für das erfindungsgemässe Betriebsverfahren vorbereitet ist, und die entsprechenden Programme in der Leittechnik implementiert sind, was, wie oben erwähnt, bereits erhebliche Geldflüsse generieren kann.
- 15 Bei dem erfindungsgemässen Verfahren ist von Vorteil, wenn im Wasser-Dampf-Kreislauf möglichst viel Energie so gespeichert ist, dass sie kurzfristig in Form von Dampf für die Dampfturbine zur Verfügung gestellt werden kann. Vorteilhaft für das Verfahren ist daher, wenn die Gasturbine nach dem Anfahren auf Nenndrehzahl zunächst mit geöffnetem Netzschalter, aber
- 20 geschlossenem Generatorschalter im Inselbetrieb zur Eigenversorgung des Kombikraftwerks betrieben wird. In dieser Zeit wird die Abgaswärme der Gasturbine verwendet, um den Wasser-Dampf-Kreislauf energetisch aufzuladen und in Betriebsbereitschaft zu versetzen. Mit Vorteil wird bereits jetzt die Dampfturbine angefahren. Der Netzschalter wird erst geschlossen,
- 25 wenn der Wasser-Dampf-Kreislauf einen bestimmten Zustand erreicht hat. Erst dann muss das Kombikraftwerk die Leistungsanforderungen des Netzes erfüllen; nach dem erfindungsgemässen Verfahren sind der Wasser-Dampf-Kreislauf und die Dampfturbine jetzt bereit, durch Zuleiten von Dampf zur Dampfturbine die Gasturbine bei der Erfüllung transienter Lastanforderungen
- 30 zu unterstützen. Es ist weiterhin von Vorteil, wenn in dem Belastungsprogramm weitere Haltepunkte vorgesehen sind, bei denen der Wasser-Dampf-Kreislauf

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

5

sukzessive weiter energetisch aufgeladen wird. Dadurch steigt die kurzfristig zur Verfügung zu stellende Leistung der Dampfturbine weiter an.

Der Wasser-Dampf-Kreislauf wird beim erfindungsgemässen Verfahren als
5 Akkumulator für schnell in Form von heissem gespanntem Dampf zur Verfügung zu stellende thermische Energie betrieben.

Wenn die Kombianlage mit einem Trommelkessel versehen ist, können eine Hochdrucktrommel und/oder eine Niederdrucktrommel als Energiespeicher
10 Verwendung finden. Bei einer Anlage zur Durchführung des Verfahrens können die Trommeln mit Vorteil als Energiespeicher überdimensioniert sein. In den Trommeln ist dann neben Dampf Sattwasser gespeichert. In einer bevorzugten Verfahrensvariante, wobei bei einer Leistungsanforderung der Dampfturbine Dampf zugeführt werden muss und ein zwischen Kessel und Dampfturbine
15 angeordnetes Hauptregelventil geöffnet wird, sinkt der Gegendruck im Kessel spontan um einen geringen Betrag. Das Sattwasser siedet, und ist so in der Lage, schnell grosse Dampfmengen zur Verfügung zu stellen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird zumindest
20 zeitweise Dampf aus dem Hochdruckteil des Dampferzeugers dem Niederdruckteil oder Mitteldruckteil der Dampfturbine zugeleitet. Hierzu wird entweder der Druck im Hochdruckteil des Dampferzeugers temporär reduziert, oder der Druck zwischen dem Dampferzeuger und der Dampfturbine gedrosselt. Ein Vorteil dieser Verfahrensvariante ist, dass die Dampfeuchte
25 während der Entspannung in der Dampfturbine und niedriger Frischdampf Temperatur bei niedriger Gasturbinenlast nicht zu stark ansteigt.

Der Dampfturbine kann selbstverständlich auch zusätzlich Dampf von einem Hilfskessel zugeführt werden.
30

Zusätzlich kann auch die Leistung eines Schwarzstartdiesels zur Kompensation von transienten Lastanforderungen herangezogen werden.

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

6

Kurze Beschreibung der Zeichnung

5

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Die einzige Figur zeigt ein Beispiel einer schwarzstartfähigen Kombianlage. Schaltungen eines Wasser-Dampf-Kreislaufes und elektrische Schaltungen sind stark schematisiert, und es sind nur die für das Verständnis der Erfindung unmittelbar notwendigen Elemente dargestellt. Die Figur ist lediglich instruktiv zu verstehen, und sie soll insbesondere nicht zur Eingrenzung des beanspruchten Schutzzumfangs der Erfindung herangezogen werden.

15

Weg zur Ausführung der Erfindung

In der Figur ist beispielhaft eine schwarzstartfähige Kombianlage dargestellt, anhand derer das erfindungsgemäße Verfahren nachfolgend verdeutlicht wird.

20 Eine Gasturbine 1 und eine Dampfturbine 2 treiben einen gemeinsamen Generator 3 an. Dabei ist die Dampfturbine 2, die aus einem Hochdruckgehäuse 201 und einem Mittel-/Niederdruckgehäuse 202 besteht, auf an sich bekannte Weise über eine selbsttätig wirkende Kupplung 4 mit dem Generator 3 gekoppelt. Das Abgas der Gasturbine strömt durch einen

25 Abhitzedampferzeuger 5, in welchem Dampf für die Dampfturbine erzeugt wird. Dabei wird Kondensat aus einem Kondensator 6 durch eine Nieder-/Mitteldruck-Speisepumpe 7 auf ein erstes Druckniveau gebracht. Dieses Speisewasser durchströmt einen Speisewasservorwärmer 501, und strömt in eine Nieder-/Mitteldrucktrommel 505 ein. Wasser aus der Nieder-/

30 Mitteldrucktrommel 505 zirkuliert durch einen Nieder-/Mitteldruckverdampfer 502. In der Trommel 505 findet eine Trennung in Siedewasser und Satttdampf statt. Das Siedewasser zirkuliert zum Teil weiter durch den Nieder- /

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

7

Mitteldruckverdampfer 502, wo jeweils ein Teil davon verdampft wird. Ein anderer Teilstrom des Siedewassers in der Trommel wird von einer Hochdruck-Speisepumpe 8 auf einen zweiten Druck gefördert. In einem Zwangsdurchlauf-Verdampfer 504 wird das Hochdruck-Speisewasser verdampft und der

5 entstandene Dampf überhitzt. Der Hochdruckdampf strömt schliesslich über ein Dampfregeventil 9 zum Einströmstutzen des Hochdruckgehäuses 201 der Dampfturbine 2, wo er unter Abgabe von Nutzleistung auf einen Druck entspannt wird, der näherungsweise dem ersten Druckniveau des Wasser-Dampf-Kreislaufes entspricht. Der in der Trommel abgeschiedene Sattldampf

10 strömt aus der Trommel ab, und wird mit dem teilentspannten ersten Teilstrom vermischt, bevor er zu einem Nieder-/ Mitteldrucküberhitzer geleitet wird. Von dort wird der überhitzte Dampf zum Einströmstutzen des Nieder-/ Mitteldruckgehäuses 202 der Dampfturbine geleitet, und unter Abgabe von Nutzleistung auf den Kondensatordruck entspannt. Der entspannte Dampf wird

15 schliesslich im Kondensator 6 wieder verflüssigt. Der oben beschriebene Wasser-Dampf-Kreislauf ist stark vereinfacht dargestellt. Ebenso könnte dieser in der Anzahl der Druckstufen, Vorwärmstufen, und der Verdampferbauarten anders aufgebaut sein, ohne das Wesen der Erfindung zu berühren. Der Nieder-/ Mitteldruckverdampfer könnte insbesondere als

20 Zwangsdurchlaufverdampfer und -überhitzer ausgeführt sein. Der Kessel könnte auch mit einer Hochdrucktrommel ausgeführt sein. Eine Vielzahl weiterer Variationen sind dem Fachmann geläufig. Im Normalbetrieb der Anlage sind der Generatorschalter S1 und der Netzschalter S2 geschlossen, die Schalter S3 bis S6 sind geöffnet. Über den Netzschalter S2 ist die

25 Kraftwerksanlage mit dem Stromnetz 50 verbunden. Dies ist im allgemeinen ein grosser Netzverbund, an dem eine Vielzahl weiterer Kraftwerke und eine Vielzahl Verbraucher V1, V2, V3, ... angeschlossen sind, welche über Schalter SV1, SV2, SV3, ... zu- und abgeschaltet werden. Im Ausführungsbeispiel ist angedeutet, dass das Kraftwerk über den Netzschalter S2 auf eine

30 Hochspannungsschiene 51 aufgeschaltet ist, und eine Anzahl Verbraucher über Schalter auf diese Schiene aufschaltbar sind. Im Übrigen ist die elektrische Verschaltung sehr schematisch dargestellt; Transformatoren,

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

8

Schutzschalter, und weitere für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht notwendige Elemente sind weggelassen. Ein leistungsstarkes Stromnetz ist im allgemeinen sehr insensitive auf schwankende Leistungsanforderungen, und Kraftwerksanlagen, die unter Last laufen, verfügen von Haus aus über
5 entsprechende Reserven für Frequenzstützung.

Bei einem normalen Start der Kraftwerksanlage sind zunächst die Schalter S1, S2, S5 und S6 geöffnet. Der Schalter S4 wird geschlossen, und eine
Anfahrvorrichtung 10, beispielsweise ein statischer Frequenzumrichter, wird auf
10 die Hochspannungsschiene 51 aufgeschaltet. Über den Schalter S3 wird die Anfahrvorrichtung 10 mit dem Generator 3 verbunden, der nunmehr motorisch betrieben wird, und die Gasturbine zunächst auf Zündrehzahl hochschleppt, und bis auf eine gewisse Drehzahl zur Unterstützung der Wellenbeschleunigung im Betrieb bleibt. Spätestens auf Nenndrehzahl der
15 Gasturbine werden die Schalter S3 und S4 geöffnet, und die Gasturbine läuft im Leerlauf. Der Schalter S1 wird geschlossen, und über die Eigenversorgungsschiene 52 kann das Kraftwerk vom Generator versorgt werden, und die Anlage kann nun im Inselbetrieb, ohne externe Stromversorgung, laufen. Hier ist beispielsweise dargestellt, dass die
20 Speisepumpen 7 und 8 an die Eigenversorgungsschiene 52 angeschlossen sind. In einem nächsten Schritt wird die Kraftwerksanlage mit dem Netz synchronisiert, und der Netzschalter S2 geschlossen. Die Leistung der Gasturbine wird zumindest in einem unteren Lastbereich gemäss einem vorgegebenen Lastprogramm gesteuert erhöht. Die Dampfturbine 2 wird
25 angefahren; sobald sie auf Nenndrehzahl ist, wird sie über die selbsttätig wirkende Kupplung 4 auf den Generator aufgeschaltet. Das Dampfregelventil 9 erhöht die Dampfmenge langsam gemäss einem vorgegebenen Belastungsprogramm der Dampfturbine und/oder in Abhängigkeit gemessener Materialtemperaturen, um die mechanische Belastung der Dampfturbine durch
30 thermische Spannungen zu begrenzen. Auf diese Weise wird die Kombianlage unabhängig von der Netzbelastung auf eine vorgegebene Zielleistung

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

9

gefahren; die Frequenzstützung des Netzes 50 wird von anderen auf das Netz aufgeschalteten Anlagen übernommen.

Der Fall stellt sich grundsätzlich anders dar, wenn das Netz 50 energielos ist.
5 In diesem Falle ist die Schwarzstartfähigkeit einer auf das Netz 50 aufschaltbaren Anlage gefordert. Hierzu ist das beispielhaft dargestellte Kombikraftwerk mit einem Schwarzstartdiesel 11 ausgestattet. Die Schalter S1 bis S6 sind geöffnet. Der Schwarzstartdiesel 11 wird mit einem Anlassermotor 12 gestartet, der von einer Batterie 13 versorgt wird. Der Schwarzstartdiesel 11
10 treibt einen Hilfsgenerator 14 an. Der Schalter S5 wird geschlossen, und die Anfahrvorrichtung 10 wird vom Hilfsgenerator 14 versorgt. Wie oben beschrieben, wird der Schalter S3 geschlossen, und die Gasturbine 1 auf Nenndrehzahl gebracht. Darauf werden die Schalter S3 und S5 geöffnet. Vor dem Anfahren der Gasturbine wird mittels des Schalters S6 der Hilfsgenerator
15 14 mit der Eigenversorgungsschiene 52 verbunden. Dies ermöglicht es, den Kessel in Startbereitschaft zu bringen. Dazu können die Speisepumpen 7 und 8 in Betrieb genommen werden. Sobald als möglich wird auch der Kondensator 6 evakuiert. Nachdem die Gasturbine ohne Last auf Nenndrehzahl ist, verbleibt der Schwarzstartdiesel 11 in einer bevorzugten Variante zunächst im Leerlauf,
20 oder auf einer geringen Last, welche die notwendigsten Kraftwerkskomponenten mit elektrischer Energie versorgt. Der Generatorschalter S1 wird geschlossen, und der von der Gasturbine 1 angetriebene Generator 3 liefert die Leistung zur Eigenversorgung des Kraftwerks. Das Kraftwerk läuft nunmehr unabhängig von einer externen oder
25 Hilfs-Energieversorgung autark im Inselbetrieb. Sofern noch nicht geschehen, werden jetzt die Speisepumpen 7 und 8 in Betrieb genommen, und der Kondensator 6 wird evakuiert. Im Inselbetrieb wird der Abhitzeessel 5 soweit als möglich aufgeheizt, und die Dampfproduktion wird angefahren. Die Dampfregelventile 9 und 15 sind geschlossen, oder stark angedrosselt. Wenn
30 ein hinreichender Dampfzustand erreicht ist, wird die Dampfturbine auf Nenndrehzahl gefahren. Danach wird der Schalter S2 geschlossen, und das Kraftwerk wird mit Minimalleistung auf die Hochspannungsschiene 51 des

Netzes 50 aufgeschaltet, und speist Strom in das bis dahin energielose Netz 50 ein. Die meisten der Verbraucherschalter SV1, SV2, SV3, ... sind geöffnet, dabei können die Verbraucher auch ganze Netzsegmente sein. Die Leistung des Kraftwerkes wird langsam erhöht. In diesem Masse müssen

5 selbstverständlich Verbraucher aufgeschaltet werden, so, dass die Leistungsanforderung des Netzes wenigstens näherungsweise der Generatorleistung entspricht; auf geringe Abweichungen antwortet das System mit Schwankungen der Netzfrequenz, auf die das Kraftwerk mit

10 Leistungsänderungen reagieren muss, um die Netzfrequenz in einem tolerablen Intervall zu halten. Die der Reihe nach aufgeschalteten Verbraucher V1, V2, V3, ... sind nicht infinitesimal, und insbesondere in der Anfangsphase der Netzbelastung relativ zur Gesamtleistung durchaus signifikant. In einem

15 ersten Moment dämpfen die rotierenden trägen Massen des Kraftwerkes die Lastschwankungen, bevor diese durch eine Variation der Nutzleistungsabgabe der Turbinen ausgeregelt werden können. Nach dem bisherigen Stand der Technik greift die Leitungsregelung der Gasturbine ein, um bei Lastsprüngen eine Frequenzstützung durchzuführen. Wie einleitend erwähnt, ist dies bei

20 modernen Gasturbinen zumindest in einem unteren Lastbereich bis beispielsweise 40 % oder 50 % relativer Gasturbinenlast nicht immer möglich; auch könnte die Lastanforderung in einen unzulässigen Bereich der Gasturbinenleistung fallen. Unter relativer Gasturbinenlast oder

25 Gasturbinenleistung versteht der Fachmann im Übrigen das Verhältnis von der aktuell abgegebenen Nutzleistung der Gasturbine zu deren aktuellen Maximalleistung, welche stark von Umgebungsbedingungen und Betriebsparametern der Gasturbine abhängt. Erfindungsgemäss befindet sich die Dampfturbine mit geringer Leistung oder im Leerlauf auf Nenndrehzahl. Die Ventile 9 und 15 sind stark angedrosselt. Im Abhitzedampferzeuger 5 ist

30 Energie in Form von heissem, unter Druck befindlichem Wasser und Dampf gespeichert. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Nieder-/ Mitteldrucktrommel 505 überdimensioniert, und fungiert als Zusatzspeicher für Siedewasser. Dies könnte prinzipiell auch mit einer Hochdrucktrommel gemacht werden; in der Praxis bereitet ein entsprechend grosser

Hochdruckspeicher jedoch grössere Probleme, insbesondere hinsichtlich der Festigkeit. Durch ein Öffnen des Regelventils 15 kann die in der Trommel in Form von Siedewasser gespeicherte Energie genutzt werden: Durch den Abfall des Gegendrucks verdampft dieses Wasser, und der entstehende Sattdampf wird im Überhitzer 503 überhitzt und der Mittel-/ Niederdruckturbine zugeführt. Ebenso wird das Dampfregelventil 9 geöffnet, und die Leistungsabgabe der Hochdruck-Dampfturbine 201 steigt ebenfalls spontan an. Eine solche Verfahrensweise erzeugt zwar Thermoschocks und erhöht die Thermospannungen innerhalb der Dampfturbinenkomponenten, und verkürzt somit die Lebensdauer unter Umständen erheblich; dies kann aber durchaus toleriert werden, wenn das beschriebene Verfahren ein problemloses Anfahren eines energielosen Stromnetzes ohne die Gefahr von Notabschaltungen des Kraftwerkes aufgrund von Unter- oder Überfrequenz ermöglicht. Insofern ist es auch zu bevorzugen, wenn die Dampfturbine während des Anfahrens des Stromnetzes möglichst frühzeitig unter Last betrieben wird, damit die Leistungsregelung der Dampfturbine in beide Richtungen, also bei drohender Unterfrequenz wie auch drohender Überfrequenz, reagieren kann. Die Leistung der Gasturbine wird gesteuert gemäss eines vorgegebenen Belastungsprogramms erhöht. Die Gasturbine reagiert während des Anfahrens zumindest in einem unteren Lastbereich nicht auf Lastschwankungen. Die Frequenzstützung, also der Ausgleich transienter Lastsprünge, wird auf beschriebene Weise von der Dampfturbine übernommen. Vorteilhaft ist es dabei, wenn das Belastungsprogramm der Gasturbine mehrere Haltepunkte beinhaltet, bei denen der Abhitzedampfzerzeuger als Energiespeicher weiter energetisch aufgeladen wird, was das kurzfristige Leistungspotenzial der Dampfturbine verbessert. In einer weiteren bevorzugten Verfahrensvariante wird der Schalter S6 geschlossen. Dann kann auch die Leistung des Schwarzstartdiesels zur Frequenzstützung herangezogen werden. Wenn die Gasturbinenleitung einen bestimmten Grenzwert erreicht hat - typisch sind Werte oberhalb rund 40% relative Leistung, bevorzugt grösser 50% relative Leistung - ist die Gasturbine in der Lage, auf kurzfristige Änderungen der Leistungsanforderung zu reagieren. In der Folge wird die Gasturbine nunmehr

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

12

nicht mehr gesteuert belastet, sondern sie wird geregelt zur Frequenzstützung betrieben, und gegebenenfalls bis zu ihrer Maximalleistung weiterbelastet. Die Dampfturbine wird aus der Regelung herausgenommen, und langsam und unter Vermeidung von übermässigen Thermospannungen konventionell
5 belastet. Die Lastverteilung zwischen Gasturbine und Dampfturbine erfolgt im Weiteren entsprechend einem spezifischen Anlagenbetriebskonzept. Weiterhin kann auch ein eventuell noch im Betrieb befindlicher Diesel abgestellt werden.

In einer vorteilhaften Verfahrensvariante kann vorgesehen werden, bei
10 niedrigen Kesseltemperaturen Dampf aus dem Hochdruckteil 504 des Abhitzedampferzeugers dem Nieder-/Mitteldruckteil 202 der Dampfturbine zuzuführen, wozu besonders vorteilhaft der Druck, den die Hochdruckspeisepumpe 8 liefert, vorübergehend abgesenkt wird. Ein grosser
Vorteil ist, dass die Dampfeuchte in der Dampfturbine bei niedriger Abgas- und
15 damit Frischdampf Temperatur nicht zu stark ansteigt. Die hierzu notwendigen Dampfleitungen und Drossel- bzw. Absperrorgane sind in der Figur aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingezeichnet. Der Fachmann ist jedoch in Kenntnis der vorliegenden Beschreibung ohne Weiteres in der Lage, diese
Variante der Erfindung in eine entsprechend aufgebaute Kombianlage
20 umzusetzen.

Neben der speziellen Ausgestaltung im Ausführungsbeispiel ergeben sich für den Durchschnittsfachmann zwänglos eine ganze Reihe weiterer Anlagenbauformen, mit denen die Erfindung durchführbar ist; insbesondere
25 stellt der dargestellte Wasser-Dampf-Kreislauf keine Einschränkung dar: Dem Fachmann ist eine Vielzahl von unterschiedlichen Ausführungsformen ohne Weiteres geläufig; hieraus ergeben sich im Rahmen des Erfindungsgedankens jeweils günstige Verfahrensvarianten, welche zwar nicht explizit beschrieben, die aber doch in der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist,
30 enthalten sind.

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

13

Bezugszeichenliste

	1	Gasturbine
	2	Dampfturbine
5	3	Generator
	4	selbsttätig wirkende Kupplung
	5	Abhitzedampferzeuger
	6	Kondensator
	7	Speisepumpe
10	8	Hochdruck-Speisepumpe
	9	Dampfregelventil
	10	Anfahrvorrichtung
	11	Schwarzstartdiesel
	12	Anlasser
15	13	Batterie
	14	Hilfsgenerator
	15	Dampfregelventil
	50	Netz
	51	Hochspannungsschiene
20	52	Eigenversorgungsschiene
	201	Hochdruckgehäuse
	202	Nieder-/ Mitteldruckgehäuse
	501	Speisewasservorwärmer
	502	Nieder-/ Mitteldruckverdampfer
25	504	Hochdruck-Verdampfer und –Überhitzer
	505	Nieder-/ Mitteldrucktrommel
	S1	Generatorschalter
	S2	Netzschalter
	S3	Schalter
30	S4	Schalter
	S5	Schalter
	S6	Schalter

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

14

	SV1	Verbraucherschalter
	SV2	Verbraucherschalter
	SV3	Verbraucherschalter
	V1	Verbraucher
5	V2	Verbraucher
	V3	Verbraucher

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Betrieb eines Kombikraftwerks beim Anfahren eines
energielosen Stromnetzes (50), wobei vor dem Belasten des Netzes ein
Wasser-Dampf-Kreislauf aufgeheizt und eine Dampfturbine (2) angefahren
wird, und wobei eine Gasturbine (1) wenigstens in einem Teil ihres
Lastbereiches gemäss eines vorgegebenen Belastungsprogrammes
10 belastet wird, wobei transiente Lastanforderungen des Netzes durch
Veränderungen der Dampfturbinenleistung erfüllt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Gasturbine (1) vor dem Aufschalten
auf das Netz für eine Zeitspanne im Leerlauf oder mit einer Leistung zur
15 Eigenversorgung des Kombikraftwerks betrieben wird, und wobei während
dieser Zeit der Wasser-Dampf-Kreislauf energetisch aufgeladen wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei im
Belastungsprogramm der Gasturbine wenigstens ein Haltepunkt
20 vorgesehen ist, bei dem der Wasser-Dampf-Kreislauf weiter energetisch
aufgeladen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem temporär Dampf
aus dem Hochdruckteil (504) eines Abhitzedampferzeugers dem Nieder-
25 und/oder Mitteldruckteil (202) der Dampfturbine (2) zugeleitet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem Verfahren
wenigstens eine Trommel (505) eines Abhitzedampferzeugers (5) als
Dampf-Energiespeicher genutzt wird.
30

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

16

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem neben der Dampfturbinenleistung die Leistung eines Schwarzstartdiesels (11) zur Erfüllung transientscher Lastanforderungen des Netzes herangezogen wird.

5

WO 02/38919

PCT/IB01/02133

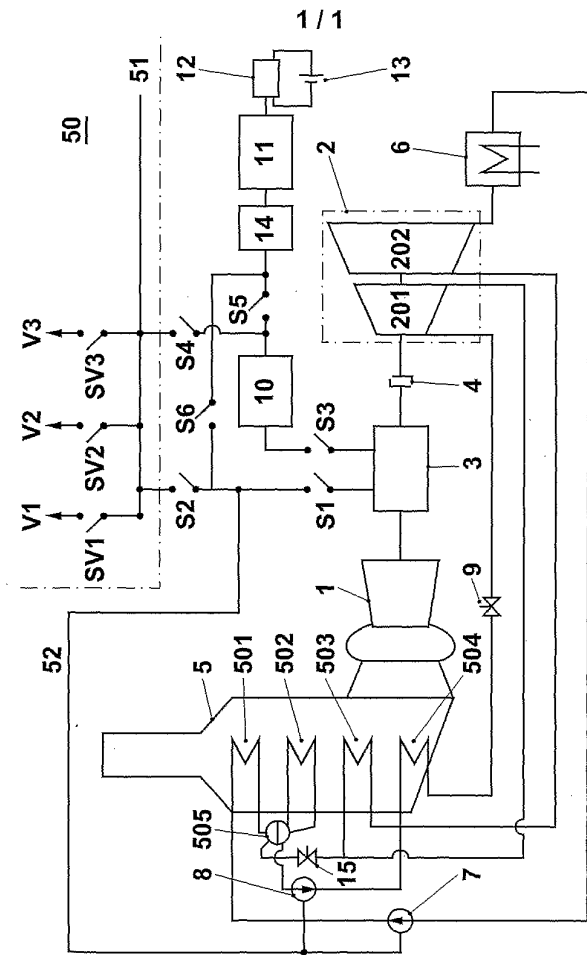


FIG. 1

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		In: Application No. PCT/IB 01/02133
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 F01K23/10		
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) IPC 7 F01K F02C F01D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	EP 1 072 760 A (ABB ALSTOM POWER CH AG) 31 January 2001 (2001-01-31) column 2, line 10 - line 29 column 2, line 44-51 column 4, line 6 - line 29 claim 1	1-6
A	EP 0 768 449 A (ASEA BROWN BOVERI) 16 April 1997 (1997-04-16) the whole document	1-6
A	US 5 203 160 A (OZONO JIRO) 20 April 1993 (1993-04-20) abstract	1-6
	--- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document 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 specific 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 *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 12 February 2002		Date of mailing of the international search report 21/02/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 5818 Patentplan 2 NL - 2280 LV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2047, Tx. 31 651 epo nl, Fac. (+31-70) 340-3016		Authorized officer Koch, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Int. Application No. PCT/IB 01/02133
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 605 156 A (GEN ELECTRIC) 6 July 1994 (1994-07-06) column 1, line 51 - line 53 claim 1	1-6
A	DE 195 18 093 A (ABB PATENT GMBH) 21 November 1996 (1996-11-21) the whole document	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 Information on patent family members

Int. Application No.
 PCT/IB 01/02133

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 1072760	A	31-01-2001	EP 1072760 A1 GB 2352778 A	31-01-2001 07-02-2001
EP 0768449	A	16-04-1997	DE 19537637 A1 EP 0768449 A1 JP 9133007 A US 5737912 A	17-04-1997 16-04-1997 20-05-1997 14-04-1998
US 5203160	A	20-04-1993	JP 2593578 B2 JP 4159402 A	26-03-1997 02-06-1992
EP 0605156	A	06-07-1994	US 5412936 A CA 2110006 A1 DE 69313607 D1 DE 69313607 T2 EP 0605156 A2 JP 6317105 A	09-05-1995 01-07-1994 09-10-1997 02-04-1998 06-07-1994 15-11-1994
DE 19518093	A	21-11-1996	DE 19518093 A1 GB 2300884 A	21-11-1996 20-11-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT		Int. Aktenzeichen PCT/IB 01/02133
A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 F01K23/10		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchiertes Mindestprüfgebiet (Klassifikationsystem und Klassifikationsymbole) IPK 7 F01K F02C F01D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfgebiet gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P ₁ A	EP 1 072 760 A (ABB ALSTOM POWER CH AG) 31. Januar 2001 (2001-01-31) Spalte 2, Zeile 10 - Zeile 29 Spalte 2, Zeile 44-51 Spalte 4, Zeile 6 - Zeile 29 Anspruch 1	1-6
A	EP 0 768 449 A (ASEA BROWN BOVERI) 16. April 1997 (1997-04-16) das ganze Dokument	1-6
A	US 5 203 160 A (OZONO JIRO) 20. April 1993 (1993-04-20) Zusammenfassung	1-6
	-/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *B* Altes Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die gegolten ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie zugeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausübung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie beigetragen ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
12. Februar 2002		21/02/2002
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 6819 Patentlaan 2 NL - 2200 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 940-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax. (+31-70) 940-3016		Bevollmächtigter Bodemuster Koch, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT		Int. als Aktenzeichen PCT/IB 01/02133
C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 605 156 A (GEN ELECTRIC) 6. Juli 1994 (1994-07-06) Spalte 1, Zeile 51 - Zeile 53 Anspruch 1	1-6
A	DE 195 18 093 A (ABB PATENT GMBH) 21. November 1996 (1996-11-21) das ganze Dokument	1-6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentsfamilie gehören

Ink. les Akzenteichen
PC1/1B 01/02133

Im Recherchenbericht angeführtes Patentsdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentsfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1072760	A	31-01-2001	EP 1072760 A1 GB 2352778 A	31-01-2001 07-02-2001
EP 0768449	A	16-04-1997	DE 19537637 A1 EP 0768449 A1 JP 9133007 A US 5737912 A	17-04-1997 16-04-1997 20-05-1997 14-04-1998
US 5203160	A	20-04-1993	JP 2593578 B2 JP 4159402 A	26-03-1997 02-06-1992
EP 0605156	A	06-07-1994	US 5412936 A CA 2110006 A1 DE 69313607 D1 DE 69313607 T2 EP 0605156 A2 JP 6317105 A	09-05-1995 01-07-1994 09-10-1997 02-04-1998 06-07-1994 15-11-1994
DE 19518093	A	21-11-1996	DE 19518093 A1 GB 2300884 A	21-11-1996 20-11-1996

フロントページの続き

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
F 0 1 K 25/10	F 0 1 K 23/10	E
	F 0 1 K 25/10	M

(81) 指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, R O, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72) 発明者 ブラッター・リヒャルト

スイス国、シャッフハウゼン、ビルガーストラーセ、1 1

(72) 発明者 ミュラー・ペーター

スイス国、ヒュッティコン、ブルンネンヴィスストラーセ、1 3

(72) 発明者 ヘプナー・シュテファン

スイス国、アルトホイゼルン、バーゲンライン、4 8 3

F ターム(参考) 3G071 AA10 AB01 BA04 CA01 DA05 FA01 HA02 JA03

3G081 BA02 BA11 BA18 BB00 BC07 BD00 DA04 DA30