

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5635510号
(P5635510)

(45) 発行日 平成26年12月3日(2014. 12. 3)

(24) 登録日 平成26年10月24日(2014. 10. 24)

(51) Int.Cl.

F I

F O 1 D 15/10 (2006.01)

F O 1 D 15/10

A

H O 2 P 9/04 (2006.01)

H O 2 P 9/04

E

F O 1 D 15/10

Z

請求項の数 15 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-524226 (P2011-524226)
 (86) (22) 出願日 平成21年8月13日 (2009. 8. 13)
 (65) 公表番号 特表2012-500928 (P2012-500928A)
 (43) 公表日 平成24年1月12日 (2012. 1. 12)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2009/005872
 (87) 国際公開番号 W02010/025813
 (87) 国際公開日 平成22年3月11日 (2010. 3. 11)
 審査請求日 平成24年4月17日 (2012. 4. 17)
 (31) 優先権主張番号 102008039449.1
 (32) 優先日 平成20年8月25日 (2008. 8. 25)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 511050170
 アールダブリューティーエイチ アーヘン
 RWTH AACHEN
 ドイツ連邦共和国 52056 アーヘン
 , テンプレルグラベン 55
 Templergraben 55, 52
 056 Aachen Deutschl
 and
 (74) 代理人 100080621
 弁理士 矢野 寿一郎
 (72) 発明者 デ ドンカ, リク
 ベルギー王国 ビー-3000 ルーベン
 , レイ 21

審査官 寺町 健司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発電プラントおよびそれを用いたエネルギー供給システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

化石燃料を利用して電力を発生させる発電プラントであって、

タービン(102)が電力を発生させる発電機(105)を駆動し、前記発電プラントは該発電プラントの排ガスから二酸化炭素を分離する分離器(201)を具備し、前記発電プラントは分離された二酸化炭素を液化するコンプレッサー(204)をさらに具備し、前記コンプレッサー(204)は、該コンプレッサー(204)を駆動するための電気駆動装置(303)に接続されているものとした発電プラントにおいて、

前記発電機(105)は発生させた電力を交流電圧中電圧回路網(106)に供給するものであり、前記電気駆動装置(303)は、電力を得るために前記交流電圧中電圧回路網(106)に接続されており、

直流を発生させるためにコンバーター(301)を前記交流電圧中電圧回路網(106)に接続しており、前記コンバーター(301)で発生させた直流電力は、前記コンプレッサー(204)の前記電気駆動装置(303)に電力を供給することを可能とするために、インバーター(302)によって交流電力に変換されるものとしていることを特徴とする発電プラント。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の発電プラントであって、前記タービン(102)は蒸気タービンであり、前記発電プラントは前記発電機(105)を駆動する前記タービン(102)を回転させる蒸気を発生させるために、ボイラー(101)を具備し、該ボイラー(101)内

10

20

において化石燃料が燃焼されるものであることを特徴とする発電プラント。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の発電プラントであって、前記コンプレッサー (2 0 4) の前記電気駆動装置 (3 0 3) は可変速式であることを特徴とする発電プラント。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の発電プラントであって、前記コンバーター (3 0 1) はアクティブ整流器であることを特徴とする発電プラント。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の発電プラントであって、前記コンバーター (3 0 1) と前記インバーター (3 0 2) とは直流中電圧回路網 (3 0 4) を介して互いに接続されていることを特徴とする発電プラント。

10

【請求項 6】

請求項 5 に記載の発電プラントであって、もう一つのインバーター (4 0 3) が前記直流中電圧回路網 (3 0 4) に接続されて、前記発電プラントの補助的な電動装置 (1 1 0) に電力を供給することができることを特徴とする発電プラント。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の発電プラントであって、前記の補助的な電動装置 (1 1 0) は可変速式の電気駆動装置を具備していることを特徴とする発電プラント。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 までのいずれか一項に記載の発電プラントであって、前記発電プラントは電力貯蔵装置 (4 0 1) に接続されていることを特徴とする発電プラント。

20

【請求項 9】

請求項 8 に記載の発電プラントであって、前記電力貯蔵装置 (4 0 1) は一つの電池で構成されるか、あるいは互いに接続された複数の電池で構成されていることを特徴とする発電プラント。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の発電プラントであって、前記電力貯蔵装置 (4 0 1) は前記発電プラントの外部に配置されていることを特徴とする発電プラント。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の発電プラントであって、一つの電力貯蔵装置 (4 0 1) が複数の発電プラントについての共用の電力貯蔵装置として機能することを特徴とする発電プラント。

30

【請求項 12】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の発電プラントであって、前記コンバーター (3 0 1) と前記インバーター (3 0 2) とは直流中電圧回路網 (3 0 4) を介して互いに接続され、前記発電プラントは電力貯蔵装置 (4 0 1) に接続され、前記電力貯蔵装置 (4 0 1) は前記発電プラントの前記直流中電圧回路網 (3 0 4) に接続されていることを特徴とする発電プラント。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の発電プラントであって、前記電力貯蔵装置 (4 0 1) は直流電圧コンバーター (4 0 2) を介して前記直流中電圧回路網 (3 0 4) に接続されていることを特徴とする発電プラント。

40

【請求項 14】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の発電プラントであって、前記コンバーター (3 0 1) と前記インバーター (3 0 2) とは直流中電圧回路網 (3 0 4) を介して互いに接続され、ウィンドファームが前記直流中電圧回路網 (3 0 4) に接続されていることを特徴とする発電プラント。

【請求項 15】

請求項 1 から請求項 14 までのいずれか一項に記載の発電プラントを複数具備したエネルギー供給システムであって、各発電プラントは電力供給送電線網を介して互いに接続さ

50

れており、そのうちの複数の前記発電プラントは電力貯蔵装置（４０１）を具備していることを特徴とするエネルギー供給システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、化石燃料を利用して電力を発生させる発電プラントの技術に関し、より詳しくは二酸化炭素の排出量を低減することのできる発電プラントの技術に関する。具体的には、本発明は請求項１に記載の発電プラントに関する。さらに、本発明は、複数の本発明に係る発電プラントを電力供給送電線網を介して互いに接続したエネルギー供給システムに関する。

10

【背景技術】

【０００２】

近年次第に顕著に観測されるようになってきている気候変動を引き起こしている原因の一つとして、いわゆる温室効果ガスの排出が挙げられる。温室効果ガスには二酸化炭素（ＣＯ２）が含まれている。このような事実の認識を背景にして、多くの国々が２００５年に発効された京都議定書を批准している。この議定書においては、多くの先進工業国が、ＣＯ２の排出量を徐々に減らしていくことを自国に課している。これらの目標を達成するための極めて重大な出発点は、発電に際してのＣＯ２の排出量を減らすことにある。ＣＯ２の排出者はＣＯ２を排出するに際して適切な認可証を有している必要があり、また、係る認可証を受けるために必要となる費用は将来的に上昇すると想定される。したがって、この環境政治学上の目標は、純粋な経済的利益と同調している。

20

【０００３】

このように、一方では、再生可能な資源を利用した発電への関心が高まっている。そして他方では、化石燃料を燃焼する発電プラントにおけるＣＯ２の排出量を減らすか、あるいはあわよくばＣＯ２の排出を完全になくすことへの関心が高まっている。

【０００４】

現状では、例えば石炭のような化石燃料を用いる発電プラントの場合、無機物や塵埃粒子は静電フィルターを用いて排ガスから取り除かれている。また、二酸化炭素を捕集するために、精製された排ガスからＣＯ２が分離されてコンプレッサーを用いて圧縮される。そして、二酸化炭素は貯蔵または輸送のために液化される。この目的のために、従来からある技術においては、コンプレッサーを補助タービンにより駆動することが提案されている。該補助タービンには、発電プラントのメインタービンから分岐してきた蒸気が供給される。しかし、係る構成を採用した場合、発電プラントの発電効率は減少する。これは、補助タービンの駆動にエネルギーが必要であることにより発電プラントの総合的な発電効率が低下することに起因するだけでなく、メインタービンへの蒸気の流れが変化したり、補助タービンの出力を制御するための弁調整が発電効率の損失を招いたりすることにも起因する。この方法を採用すると、発電プラントの出力の１２％が損なわれると推定される。なぜなら、蒸気タービンは、規定の回転速度で運転されて、発電機の規定の周波数及び電圧で運転される場合に、その定格出力において出来るだけ高い効率に達するように最適化されているからである。これらの最適な規定値からのずれが、メインタービンの効率の損失を招く。その上、すべての第二のまたは補助的な装置が定格出力で運転し続けているし、これらの第二のまたは補助的な装置の運転を続行させるためにはメインタービンの出力をより一層大きくする必要があるので、メインタービンの効率はさらに低減するのである。その理由は、第二の装置の出力の大きさの設定に際して、補助タービンを連結したときにそれに起因してメインタービンの出力が低減することが考慮に入られていないからである。一般に、このことは、第二のまたは補助的な装置は、必要と想定されているよりも大量のエネルギーを消費することを意味する。結局のところ、上述したようなことから、メインタービンの出力のうちのおよそ１２％は、補助タービンにより駆動されるコンプレッサーを用いてＣＯ２を液化するための出力として使い尽くされていると推定される。このような技術は、例えば、欧州特許出願公開第ＥＰ０５５１８７６Ｂ１号に開示され

30

40

50

ている。

【 0 0 0 5 】

さらに、メインタービンからの超臨界蒸気の排出に対しては、その対応策として高額で実行が困難な構造的な政策が必要となる。このような理由から、現存の発電プラントは、改良を重ねられているものの、上記の概念を実現することが困難であった。

【 0 0 0 6 】

公知の発電プラントを他の局面から見ると、このような巨大な発電プラントは素早く始動させることができず、また、ポンプや制御装置やファン等のような第二のまたは補助的な装置に電力を供給するのに利用できるようなエネルギー貯蔵手段が何ら設けられていなかったため、ブラックスタートを実行することができない、という問題があった。当業者にとって、ブラックスタートが可能であるということは、送電線網からの電力の供給を必要とすることなく発電プラントを停止状態から始動することができることを意味する。さらに、すべての発電プラントが周波数制御手段を利用できるわけではないので、送電線網に接続しないで運転することは不可能である。低い出力を得る目的で主要な出力を使用する制御を行う場合、効率が極めて低くなる。なぜならば、要求出力が変動したときに出力を素早く上昇させることができるようにするために、蒸気ボイラーの蒸気圧を常に最高の水準に保っておく必要があるからである。

【 0 0 0 7 】

この背景には、化石燃料を主たるエネルギー源として燃焼する発電プラントでありながら、従来の発電プラントと比べて大気中へのCO₂の排出量が少なくなるような発電プラントが必要とされている、という状況がある。とりわけ、低い出力で運転している場合におけるCO₂の排出量が少なくなるような発電プラントが必要とされている。理想的には、発電所がエネルギー源として化石燃料を使用したとしても、大気中に少しのCO₂も排出されない、という状態が望ましい。現状では、例えば窒素酸化物(NO_x)等のようなCO₂以外の燃焼ガスが大気中に漏出し続けているような発電プラントであっても、それをゼロ・エミッション発電プラントと言ったり、エミッション・フリーの発電プラントと言ったりしている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 欧州特許出願公開第 E P 0 5 5 1 8 7 6 B 1 号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記を考慮して、化石燃料を燃焼する発電プラントにおけるCO₂の排出量を減らすか、あるいはあわよくばCO₂の排出を完全になくすことを課題とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

この目的を達成するために、本発明は、化石燃料から電力を発生させる発電プラントを提案する。タービンが、電気を発生させる発電機を駆動する。係る発電プラントは、発電プラントの排ガスの中から二酸化炭素を分離する分離器を具備している。また、係る発電プラントは、分離された二酸化炭素を液化するコンプレッサーを具備している。本発明は、そのコンプレッサーが電気駆動装置に接続されていることを特徴とする。本発明に係る発電プラントは、排ガスから二酸化炭素を分離するとともにこれを液化するときに消費される一次エネルギーが、従来から知られているシステムにおける場合と比べて低減される、という点で有利である。

【 0 0 1 1 】

本発明の一実施形態においては、タービンを蒸気タービンにより構成することができる。この場合において、発電プラントはボイラーを具備し、該ボイラーの中においては、発電機を駆動するタービンを回転させるための蒸気を発生させるために化石燃料が燃焼され

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 1 2 】

本発明の有利な一実施形態においては、発電機は発生させた電気を交流電圧中電圧回路網に供給する。この場合、コンプレッサの電気駆動装置に電力を供給するために該電気駆動装置を交流電圧中電圧回路網に接続すると有利である。

【 0 0 1 3 】

コンプレッサの電気駆動装置を可変速式のもので構成すれば、発電プラントの効率の向上という点で好都合であるので、有利である。なぜならば、こうすることで、発電プラントの実際の作動状態に合わせてコンプレッサを効率的に適応させることができるからである。

10

【 0 0 1 4 】

本発明の好適な一実施形態においては、コンバーターは、直流を発生させるために交流電圧中電圧回路網に接続されている。前記コンバーターで発生させた直流電力は、コンプレッサ（ 2 0 4 ）の電気駆動装置（ 3 0 3 ）に電力を供給することを可能とするために、インバーター（ 3 0 2 ）によって交流電圧に変換される。コンバーターは、無効電力（基本波及び高調波無効電力）を補うアクティブ整流器であってもよい。

【 0 0 1 5 】

コンバーターとインバーターとを直流中電圧回路網を用いて互いに接続した構成とすると特に有利であることがわかっている。再生エネルギー源と電力貯蔵装置とは、この直流中電圧回路網に比較的容易に接続することができる。再生エネルギー源に関して言えば、

20

ウインドパークは特に良い選択肢である。

【 0 0 1 6 】

さらに有利な構成として、発電プラントの第二の電動装置に電力を供給することのできるもう一つのインバーターを直流中電圧回路網に接続することができる。この場合、第二の装置に可変速式の電気駆動装置を備えると特に有利である。なぜならばこのように、発電プラントのエネルギー所要量という観点からみると、特に要求出力が低い状況下において、効率の向上が達成されるからである。

【 0 0 1 7 】

本発明の別の有利な一実施形態においては、発電プラントは電力貯蔵装置に接続される。電力貯蔵装置は、電力供給送電線網におけるエネルギー要求量の短時間の変動を素早く埋め合わせることができる。そしてさらに、電力貯蔵装置を設けることにより発電プラントのブラックスタートが可能となり得る。

30

【 0 0 1 8 】

電力貯蔵装置は、一つの電池で構成するか、あるいは互いに接続された複数の電池で構成すると有利であることがわかっている。このような構成とすることにより、電池をとりわけ安価にしたり耐用年数を長くしたりすることができる。

【 0 0 1 9 】

電力貯蔵装置は、発電プラントの内部に、あるいは発電プラントの外部に配置することができる。ここで、一つの電力貯蔵装置を複数の発電プラントについての共用の電力貯蔵装置とすることもできる。基本的には、電力貯蔵装置を最適な状態に保つために、該電力貯蔵装置の設計を柔軟に変更することができ、したがってこれらを組み合わせた構成とすることも可能である。

40

【 0 0 2 0 】

電力貯蔵装置を発電プラントの直流中電圧回路網に接続すると有利であることがわかっている。

【 0 0 2 1 】

電力貯蔵装置の作動電圧を直流中電圧回路網の作動電圧に適応させるために、電力貯蔵装置を直流電圧コンバーターを経由して直流中電圧回路網に接続するとなお有利である。

【 0 0 2 2 】

本発明に係る発電プラントの一実施形態においては、ウインドファームが直流中電圧回

50

路網に接続される。このように、ウィンドファームの変動するエネルギー生産を電力供給送電線網によって補うことは非常に容易である。

【 0 0 2 3 】

本発明の第二の局面によれば、本発明に係る発電プラントを複数備えて構成され、各発電プラントは電力供給送電線網により互いに接続されている構成であるエネルギー供給システムが提案される。ここで、いくつかの発電プラントはそれぞれに電力貯蔵装置を備えているように構成することができる。本発明に係るエネルギー供給システムの有利な点は、電力供給送電線網の中における負荷変動を電力貯蔵装置からの電力の供給により埋め合わせることができるので、現状のように発電プラントを待機運転状態に保持しておく必要がなくなる、という点にある。実施し得る二酸化炭素固定技術について考慮に入れなくても、このことだけによってもかなりの量のCO₂を削減することができる。

10

【発明の効果】

【 0 0 2 4 】

本発明によれば、化石燃料を燃焼する発電プラントにおけるCO₂を削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

図面は、従来構成の発電プラントと、本発明に係る二つの実施形態の発電プラントと、を示している。図中においては、同一または同等の構成要素には同一の参照符号を付している。以下に図面の簡単な説明を示す。

20

【図 1】二酸化炭素固定化手段を具備していない従来の発電プラントを示すブロック図。

【図 2】二酸化炭素固定化手段を具備する従来の発電プラントを示すブロック図。

【図 3】二酸化炭素固定化手段を具備する本発明の第一実施形態に係る発電プラントを示すブロック図。

【図 4】二酸化炭素固定化手段を具備する本発明の第二実施形態に係る発電プラントを示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 6 】

図 1 は、化石燃料を燃焼することにより電力を発生させる従来の発電プラントの略ブロック図を示している。このようにして生成されたCO₂は大気中に排出される。参照符号 100 は、発電プラント全体を示している。発電プラントには、主たるエネルギー源として化石燃料が供給される。化石燃料には、例えば、天然ガス、石油、及び石炭等の、電力を発生させるために最も頻繁に利用される燃料が含まれる。燃料がボイラー 101 の中で燃焼されることにより、タービン 102 を駆動するのに好適な高圧の蒸気が創出される。タービン 102 はメインタービンとして以下に示される。燃料は、燃料経路 103 を経由してボイラー 101 の燃焼室に吐出される。燃料は、空気供給経路 104 を経由して供給される燃焼用空気と混合されて、ボイラーの燃焼室内で燃焼される。石炭を燃料として使用する場合、石炭は燃焼される前に図 1 に示していない微粉炭機により細かく砕かれて粉末にされる。メインタービン 102 の中では、蒸気が有するエネルギーは力学的エネルギーに変換され、その力学的エネルギーはメインタービン 102 の出力軸に伝達される。メインタービン 102 の出力軸は、力学的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する発電機 105 を駆動する。発電機 105 からの電氣的エネルギーは交流電圧中電圧回路網 106 に伝達され、そこから高電圧変圧器 107 に供給される。高電圧変圧器 107 は、発電機からの例えば 30 キロボルトの大きさの中電圧を、例えば 380 キロボルトあるいは 220 キロボルトの輸送電圧に変換する。こうすることにより、できるだけロスが少ない状態でエネルギーを送電線 108 から取り出すことができる。

30

40

【 0 0 2 7 】

さらに発電プラントは、蒸気を水に変換するのに冷却回路を用いるコンデンサー 109 を具備している。水はポンプ 110 を経由してボイラーに供給される。このような補助的な装置の具体例として、供給された水をボイラー 101 に送り出すポンプ 110 が図 1 に

50

示されている。ポンプ 110 は同期機あるいは非同期機を用いて電氣的に駆動される。すなわち、ポンプの速度は送電周波数に強く連動している。その他、発電プラント 100 に必要なこういった補助的な装置としては、ファンや冷却水ポンプがあるが、説明を簡潔にするために、これらは図 1 には示していない。これらの補助的な装置には、発電プラントで発生させた電氣的エネルギーからの電力が供給される。一般的に、作動中の発電プラントは、それ自体に必要なものとして、発生させた電氣的エネルギーのうちの 5 ~ 8 % を消費する。ボイラー 101 の中において燃焼過程で発生した排ガスは、排ガス経路 111 を通って放出される。静電フィルター 112 により無機物粒子や塵埃が取り除かれた後、排ガスは大煙突 113 を通って大気中に放出される。本来、化石燃料の燃焼過程で生じる排ガスの中には大量の CO₂ が含まれている。

10

【0028】

図 2 は、CO₂ 固定化手段を具備する従来の発電プラントの略ブロック図を示している。参照符号 200 は、発電プラント全体を示している。CO₂ の固定化という言葉は、CO₂ を地質学的に適した形態で、例えば廃止された岩塩坑、ガス鉱床、炭層、あるいは石油鉱床等の場所に貯蔵することを意味する。CO₂ の固定化は、欧州連合にとって、化石燃料の燃焼により排出される二酸化炭素の量を削減するように努力していく上で必要不可欠なものである。この試みは、「CCS 処理」(二酸化炭素の捕集・貯蔵)という言葉によっても知られている。発電プラント内において電力を発生させる役割をしている構成要素に着目すると、発電プラント 200 は、図 1 に示された発電プラント 100 と同様の構造を有する。発電プラント 200 と発電プラント 100 との相違点は、発電プラント 200 にはボイラー 101 内の燃焼で生じた排ガスの中から CO₂ を分離するための付加的な構成要素が具備されている点にある。分離された後の CO₂ はガス状の形態であり、さらに液化して固定化に際して利用可能な形態とする必要がある。この目的のために必要となる構成要素を、以下に簡単に説明する。

20

【0029】

燃焼過程で生じた排ガスは、精製された後、静電フィルター 112 を通されて、例えば分離器 201 に供給される。該分離器 201 は、CO₂ を分離する装置としての役割をする。分離器 201 内においては、初期温度においてガス状の CO₂ が CO₂ 吸収液に結合される。そしてその後、初期温度よりも高い温度において CO₂ が CO₂ 吸収液から分離されて、CO₂ が精製された形で存在している状態となる。吸収液は、例えばアミンとすることができる。アミンの場合、二酸化炭素は 27 (華氏温度で 80.6 度) で結合され、150 (華氏温度で 302 度) で再び分離される。このような方法は従来からある技術により知られており、また CO₂ がどのような方法で分離されるかは本発明とは関係のないことであるので、ここではその方法を詳細には記さない。石炭発電プラントにおいては、CO₂ は燃焼過程において放出される燃焼排ガスのうちのおよそ 15 % を占めている。CO₂ が取り除かれた後の他のガス留分は、大煙突 202 を通ることにより分離器 201 の外に出され、大気中に放出される。ガス状の CO₂ は経路 203 を経由してコンプレッサー 204 に供給される。該コンプレッサー 204 内において、CO₂ は液体の状態に状態変化するまで圧縮される。結果として、コンプレッサー 204 は出力経路 205 から取り出すことのできる液体状の CO₂ を創出する。CO₂ は、出力経路 205 から外部に排出される。出力経路 205 から取り出された CO₂ は、最終的な固定化のために、パイプラインや輸送用コンテナ等の手段を用いて搬送される。

30

40

【0030】

図 2 に示した実施形態においては、コンプレッサー 204 は補助タービン 206 により駆動される。補助タービン 206 には、メインタービン 102 から分岐している経路である供給経路 207 を経由して、蒸気が供給される。供給経路 207 には、補助タービン 206 の回転速度や出力を調整するためのリストリクションバルブ 208 が設けられている。補助タービン 206 は、発電プラント 200 に具備されている他のすべての装置と同様に、制御ユニット 109 により制御されている。

【0031】

50

今日の視点から見ると、この方法は最適な方法とは言えない。なぜならば、この構成によると、メインタービン102の出力のうちのおよそ12%は損なわれるからである。この理由は上述の通りである。主な理由の一つとして、メインタービンからの蒸気を単に分岐しただけでは効率が下がるということが挙げられる。リストラクショナルバルブ208を介した制御は、エンタルピーの損失を招く。そしてその結果、効率はさらに低減する。

【0032】

図3は、CO₂固定化手段を具備する本発明に係る発電プラントの略ブロック図を示している。参照符号300は、発電プラント全体を示している。本発明のコンセプトは、図2に示した発電プラント200の補助タービン206を可変速式の電気駆動装置に置き換えることにより、発電プラント300の全体としての効率を発電プラント200の場合と比べて高くしようとしている点にある。この目的のために、コンバーター301が具備されている。コンバーター301は、パッシブ整流器により構成してもよいし、アクティブ整流器により構成してもよい。アクティブ整流器は、実質的には、整流の作用をするインバーター回路により構成されている。アクティブ整流器においては、アクティブ出力とリアクティブ出力とをそれぞれ独立して双方向で制御することが可能である。そして今日では、中電圧範囲の様々な電気装置の中でも、アクティブ整流器を用いる手法は望ましい方法であると言えることができる。インバーター302により生成された交流電圧は、例えば誘導モーター303のような電気機械に電力を供給する。この出力先としては、誘導モーターや同期機が一般的に用いられる。しかしながら、本発明はこのような例の電気モーターを用いる構成のものに限定するものではない。すなわち、電気機械303の出力がインバーターあるいはコンバーター302によって変動可能に制御できる構成のものであればよいというのに過ぎない。大体において、発電プラントの全出力が800MWの場合、電気機械303の定格出力は40メガワットである。一般的に、電気機械303の定格出力は、発電プラントの定格出力のうちのおよそ5パーセントを占める。この出力範囲で電氣的に駆動されるコンプレッサーは、例えば天然ガスを液化する装置に用いられる。このような電気駆動装置は市販されている。コンバーター301及び302はこのように構成されているので、いずれによっても直流を交流に変換することができ、また逆に交流を直流に変換することもできる。

【0033】

電気機械を駆動するのに電力変換装置が用いられる。今日では、電力変換装置はいわゆるPEBBs(Power Electronic Building Blocks)を形成するようにモジュール構造を有して構成される。マグニチュード単位の出力あるいは40メガワット以上の出力が可能な電圧変換器を実現するために、IGBTs(Insulated Gate Bipolar Transistors)あるいはGCTs(Gate Commutated Thyristors)が直列回路または並列回路で使用される。

【0034】

コンバーターにおいてヘビーデューティサーキットブレーカーをGTOs(Gate Turn-off Thyristors)やGCTsやIGBTs等の形で使用することは、公知の方法である。これらの半導体素子はゲート電流パルスによってターンオンされる。GTOsの場合においては、アノード電流の一部がゲートを通して半導体から流れることによりターンオフされる。GCTの場合には、すべてのアノード電流が半導体から流れる。

【0035】

結果として、これらの電圧変換器は内蔵直流電圧バスあるいは直流電圧回路網304を有する。このコンセプトの利点は、規格構成材を相互に接続することにより、異なる規模のPEBBsを対費用効果が高い状態で接続することができる点にある。

【0036】

コンプレッサー204の電気駆動装置、すなわちコンバーター301、インバーター302、及び電気機械303を合わせたものは、95%を超える効率を有する。コンプレッ

サー 204 は、電気機械 303 の速度及び出力を制御するインバーターにより、制御されている。このように、コンプレッサの制御に際しては、リストラクショナルバルブ等のような弁を用いた弁調整が不要である。そしてその結果、効率のロスが最小限に抑えられる。メインタービンにより発生させた電力の全出力のうちのおよそ 6 % は、コンプレッサのシステムにより消費されると推定される。電気駆動装置の直流電圧バス 304 には、送電線上の三相電気整流器を介して電気が供給される。図 3 に示した実施形態においては、前記三相電気整流器としては、コンプレッサの駆動のアクティブ出力に合致するように、適宜のものが選ばれる。

【0037】

さらに、コンバーター 301 によって高速の V A R 制御を行うことが可能であることは公知の事実であり、したがって無効電力を素早く適応させることができる。このことは、発電機のエキサイタ、すなわちその界磁巻線を、遅い変化にも対応できるように構成することができ、コストの削減を図ることができることを意味する。

【0038】

本発明に係る電気駆動装置は、既存の発電プラントに極めて簡単な方法により組み込むことができる。予測によれば、排ガスからの二酸化炭素の分離を行うことによって、発電プラントの全体的な効率は、定格出力の初期値に対しておよそ 6 % 損なわれる。

【0039】

図 4 は、C O 2 固定化手段を具備する本発明の第二実施形態に係る発電プラントの略ブロック図を示している。参照符号 400 は、発電プラント全体を示している。本実施形態においては、電力貯蔵装置 401 が直流電圧バス 304 に接続されている。電力貯蔵装置は、例えば比較的安価な鉛蓄電池により構成することができる。昨今では高耐用性のナトリウム硫黄電池も低コストで採用することができる。電力貯蔵装置 401 は、直流電圧コンバーター（D C / D C コンバーター）402 を用いて直流電圧バス 304 に接続される。この場合、インバーターを作動させている間においては、送電線上のコンバーター 301 は、上記のような構成の発電プラント 400 にブラックスタート機能を付与することができる。

【0040】

当業者にとって、ブラックスタートが可能であるということは、電力供給送電線網からの電力の供給を必要とすることなく発電プラントを停止状態から始動することができることを意味する。発電プラント 400 のすべての第二の装置には、直流電圧バス 304 を介して電力が供給される。このとき、直流電圧バス 304 は無停電電源装置のような働きをする。結果として、この目的のためにアクティブ整流器 301 が用いられているので、電圧の制御（V A R 制御）が可能であり、したがって本発明に係る発電プラント 400 は送電線網に接続しないで運転を行うのに適している。

【0041】

その上、電力貯蔵装置 401 の電池にエネルギーが貯蔵されているので、送電線内における要求電力が増加した場合に極めて迅速に応答することが可能となる。例えば揚水水力発電プラントにおける場合等と比べて、本発明に係る発電プラントにおいての要求電力が増加した場合の応答性は極めて高い。

【0042】

電力貯蔵装置 401 は、発電プラントの定格出力の少なくとも 5 % に相当する出力を 8 時間以上にわたって生じさせることができる。800 メガワットの定格出力を有する発電プラントにおいては、定格出力の 5 % というのは 40 メガワットに相当する。多数の電力貯蔵装置を多数の発電プラントに設けることにより、単に待機運転状態にあるような発電プラントの操業を完全に停止するとともに、要求電力の一時的な増加に対しては電力貯蔵装置 401 からの電力供給のみによって対応することが可能となる。電力貯蔵装置 401 は各々の発電プラントごとに配置してもよいし、あるいは複数の発電プラントを網羅する送電網の中枢に配置してもよい。

【0043】

ボイラーの冷えた完全に停止した状態の発電プラントの出力を定格出力まで上げるのには、約一時間かかる。電力貯蔵装置 401 を用いれば、この時間を簡単に短縮することができる。CO₂の固定化については考慮に入れずに、ただ発電プラントが待機運転状態に保持されることなく完全に停止した状態となるという事実だけに着目したとしても、昨今の技術と比べたら発電に際してのCO₂の排出量を大きく削減することができる。

【0044】

本発明のもう一つの特徴は、発電機の有していた送電線インバーターの規模に依存しがない主要な制御機能を送電網上のインバーターに移したことにある。結果として、発電機 105 を完全に停止した状態とすることが可能となり、待機運転状態において発生する少なからぬロスを回避することができる。共有の中電圧直流電圧バス 304 から発電プラント 400 のいたところにあるインバーター等の電力消耗物に電力が供給される。これらの電力消耗物の中には、すべてのポンプやファンが含まれる。この目的のために、もう一つのインバーター 403 が具備されている。該インバーター 403 は直流電圧バス 304 に接続されている。発電プラント 400 はこのような構造を有するので、部分的な操業を行っているような場合に、発電プラントをより柔軟に制御することができる。また、このように発電プラントの効率及び原動力が向上されるので、発電プラントをより素早く始動することが可能となる。

【0045】

中電圧直流電圧ケーブル（図 4 には示していない）を用いることにより、例えば風力発電機等の近くの再生電力発生装置を発電プラント 400 の直流電圧網 304 に直接接続することが可能となる。発電プラント 400 の電池 401 を用いることにより、風力の変動を埋め合わせることができ、またこの方法により、一定の電力を高圧送電線 108 に常時出力することが可能となる。送電網上のインバーターあるいはアクティブ整流器 301 は、ウィンドファームの定格出力及び必要な無効電力補償に適合するように設定する必要がある。

【0046】

ウィンドファームに関しては、多数の風力タービンで発生させた電力を直流回路網を用いて伝達・収集する技術が、数多くの刊行物において提案されている。例えば、C. Meyer 及び R. De Donker らの "Design of a three-phase series resonant converter for offshore dc grids" (Industry Applications Conference 第 42 回年次大会, 2007 IEEE の会議議事録、2007 年、216 ~ 223 頁) に、係る技術が開示されている。

【0047】

送電網上のインバーターは、数キロヘルツ程度の高い帯域幅を有するため、追加のフィルタ回路を用いなくても高周波振動と低周波振動とを補うことが出来る。なお、電力は電池から供給される。

【産業上の利用可能性】

【0048】

本明細書においては、化石燃料をボイラー 101 の中で燃焼することにより蒸気タービンを回転させるための蒸気を発生させる構成の発電プラントに本発明を適用した場合について説明したが、本発明は、基本的には、天然ガスをガスタービンの中で燃焼する構成の発電プラントにも、適用可能である。

【符号の説明】

【0049】

- 100 発電プラント
- 101 ボイラー
- 102 メインタービン
- 103 燃料経路
- 104 空気供給経路

10

20

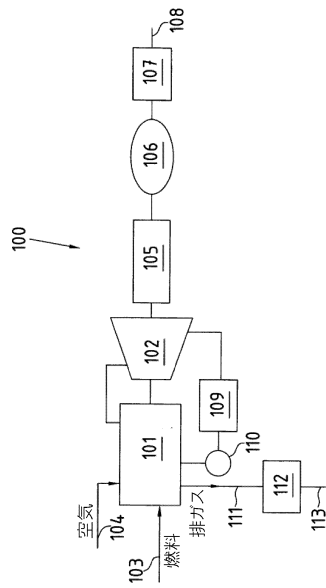
30

40

50

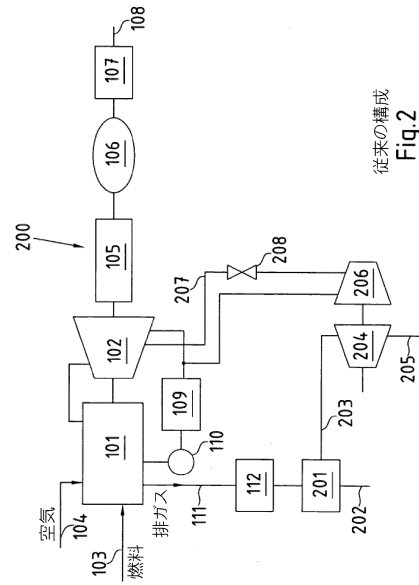
1 0 5	発電機	
1 0 6	交流電圧中電圧回路網	
1 0 7	高電圧変圧器	
1 0 8	送電線	
1 0 9	コンデンサー	
1 1 0	ポンプ	
1 1 1	排ガス経路	
1 1 2	静電フィルター	
1 1 3	大煙突	
2 0 0	発電プラント	10
2 0 1	分離器	
2 0 2	大煙突	
2 0 3	経路	
2 0 4	コンプレッサー	
2 0 5	出力経路	
2 0 6	補助タービン	
2 0 7	供給経路	
2 0 8	リストリクションバルブ	
3 0 0	発電プラント	
3 0 1	コンバーター	20
3 0 2	コンバーター	
3 0 3	電気機械	
3 0 4	直流電圧バス	
4 0 0	発電プラント	
4 0 1	電力貯蔵装置	
4 0 2	直流電圧コンバーター	
4 0 3	インバーター	

【図 1】



従来の構成
Fig.1

【図 2】



従来の構成
Fig.2

【図 3】

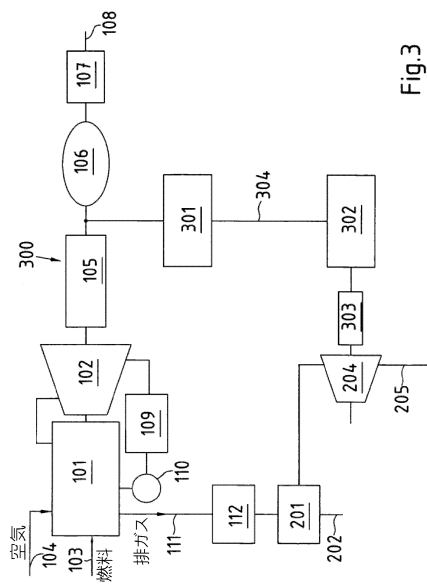


Fig.3

【図 4】

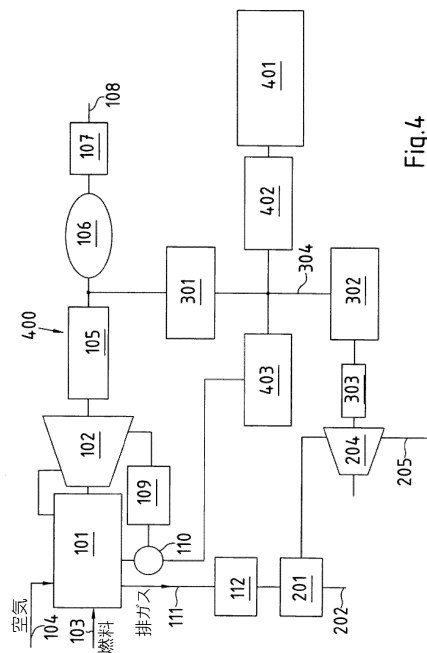


Fig.4

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許第04942734(US,A)
特開平05-096131(JP,A)
特開2005-269859(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01K	1/00 - 27/02
F01D	13/00 - 15/12
F01D	23/00 - 25/36
F02C	1/00 - 9/58
F23R	3/00 - 7/00
B01D	53/34
F25J	1/00
H02P	9/00 - 48