

(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2008-521069

(P2008-521069A)

(43) 公表日 平成20年6月19日(2008.6.19)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
G05B 13/02	(2006.01)	G05B 13/02	Z A B J	4 D 0 0 2
B O 1 D 53/50	(2006.01)	B O 1 D 53/34	1 2 5 E	5 H 0 0 4
B O 1 D 53/77	(2006.01)	B O 1 D 53/34	1 2 9 Z	
B O 1 D 53/56	(2006.01)			

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 77 頁)

(21) 出願番号 特願2007-529887 (P2007-529887)
 (86) (22) 出願日 平成17年8月3日 (2005.8.3)
 (85) 翻訳文提出日 平成19年4月27日 (2007.4.27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/027616
 (87) 国際公開番号 W02006/026047
 (87) 国際公開日 平成18年3月9日 (2006.3.9)
 (31) 優先権主張番号 10/927, 229
 (32) 優先日 平成16年8月27日 (2004.8.27)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

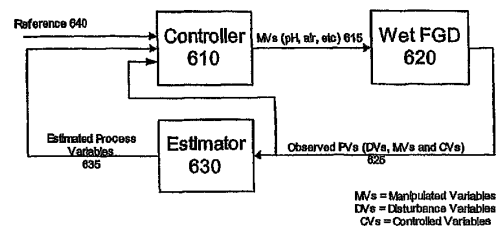
(71) 出願人 503416353
 アルストム テクノロジー リミテッド
 ALSTOM Technology Ltd
 スイス国 バーデン ブラウン ボヴェリ
 シュトラッセ 7
 Brown Boveri Strasse 7, CH-5401 Baden, Switzerland
 (74) 代理人 100077861
 弁理士 朝倉 勝三
 (72) 発明者 ボイデン スコット エー
 アメリカ合衆国 テネシー 37922
 ノックスビル バッテリー・ヒル・サークル 225

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 最適化された大気汚染制御

(57) 【要約】

多段階制御機 (610) は、工程を行うシステム (620) の稼動を指示する。前記工程は、複数の工程パラメータ (MPP) (625) を有するが、MPP (625) の1つ以上が制御可能な工程パラメータ (CTPP) (615) であり、MPP (625) の1つが目標設定工程パラメータ (TPP) (625) である。前記工程は、長さ T_{PLAAV2} の定義された時間における TPP (625) の実際平均値 (AAV) に対する第1の限界を示す定義された目標値 (DTV) を有する。前記 AAV は、定義された期間における TPP の実際数値 (AV) に基づいて計算される。第1論理制御器 (630) は、少なくとも長さが T_{PLAAV2} であり、現在時点 T_0 から未来時点 T_{AAV2} まで延長される第1未来時間 (FFTP) において TPP の未来平均値 (FAV) を予測し、このとき、前記 T_{AAV2} 以前に TPP (625) が定常状態に移動する。FAV は、(i) 長さが T_{PLAAV2} 以上であり、過去時点 T_{-AAV2} から現在時点 T_0 まで延長される第1過去時間 (FPTP) における様々な時点での TPP (625) の AAV、(



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

汚染物質の排出を制御する工程を行う大気汚染制御（ＡＰＣ）システムの稼動を指示するための制御機であって、前記工程は、複数の工程パラメータ（ＭＰＰ）を含み、前記ＭＰＰのうちの１つ以上は、制御可能な工程パラメータ（ＣＴＰＰ）であり、ＭＰＰのうちの１つは、前記システムにより排出される汚染物質の量（ＡＯＰ）であり、

最適化目的を判別するように設定された入力装置と、及び

前記ＭＰＰの現在値及び前記判別された最適化目的に従って、前記１つ以上のＣＴＰＰのうちの少なくとも１つのための設定点を決め、前記ＣＴＰＰのために決められた設定点に基づいて前記少なくとも１つのＣＴＰＰのうちの１つの制御を指示する論理を有するように設定されている制御演算装置、
を備える制御機。

10

【請求項 2】

前記判別された最適化目的は、前記排出されたＡＯＰを最小化することである、請求項 1 に記載の制御機。

【請求項 3】

前記工程は、前記排出されたＡＯＰの実際値（ＡＶ）に対する目的又は限界を示す定義されたＡＯＰ値（ＡＯＰＶ）を有し、

制御演算装置は、前記ＡＯＰＶを基にして前記少なくとも１つのＣＴＰＰのための設定点を決める追加的論理を有するように設定されており、

20

前記判別された最適化目的は、前記排出されたＡＯＰを前記ＡＯＰＶ未満のレベルに維持することである、請求項 1 に記載の制御機。

【請求項 4】

前記ＡＰＣシステムによる工程の実行は、副産物が生産されるようにし、

前記判別された最適化目的は、前記生産された副産物の品質を所望の値に制御したり、前記生産された副産物の品質を最大化したり、前記生産された副産物の品質を最小化することである、請求項 1 に記載の制御機。

【請求項 5】

前記ＡＰＣシステムによる工程の実行は、前記副産物が生産されるようにし、

ＭＰＰのうちの１つは、前記生産された副産物の品質（ＱＰＢＰ）であり、

30

前記工程は、ＱＰＢＰの実際の品質に対する目的又は限界を示す定義されたＱＰＢＰ値（ＱＰＢＰＶ）を有し、

前記判別された最適化目的は、ＱＰＢＰを前記ＱＰＢＰＶのレベル、その以上又はそれ以下のレベルに維持することである、請求項 1 に記載の制御機。

【請求項 6】

前記ＡＰＣシステムによる工程の実行は、前記副産物が生産されるように、

ＭＰＰのうちの１つは、前記生産された副産物の品質（ＱＰＢＰ）であり、

前記工程は、前記ＱＰＢＰの実際品質に対する目的又は限界を示す定義されたＱＰＢＰ値（ＱＰＢＰＶ）を有し、

前記制御演算装置は、前記ＱＰＢＰＶを基にして前記少なくとも１つのＣＴＰＰの各々のための設定点を決める追加的論理を有するように設定される、請求項 1 に記載の制御機。

40

【請求項 7】

前記判別された最適化目的は、前記システムの稼動コストを最小化することである、請求項 1 に記載の制御機。

【請求項 8】

ＣＴＰＰ各々と前記排出されたＡＯＰの関係を示す、神経回路網工程モデル及び非神経回路網工程モデルのうちの１つをさらに含み、

前記制御演算装置は、前記１つのモデルに基づき前記少なくとも１つのＣＴＰＰの各々のための設定点を決める追加的論理を有するように設定される、請求項 1 に記載の制御機

50

。

【請求項 9】

前記 1 つのモデルは、第 1 原理モデル、ハイブリッドモデル、及び回帰モデルのうちの 1 つを含む、請求項 8 に記載の制御機。

【請求項 10】

前記システムは、 SO_2 含有湿潤排煙を受容し、石灰石スラリーを適用して受容された前記 SO_2 含有湿潤排煙から SO_2 を除去することにより SO_2 の排出を制御し、脱硫排煙を排出する湿式排煙脱硫 (WFGD) システムであって、

前記少なくとも 1 つの CTPP は、前記適用された石灰石スラリーの pH に対応する第 1 パラメータ、及び前記適用された石灰石スラリーの分布に対応する第 2 パラメータのうちの 1 つ以上を含み、

前記 AOP は前記排出された脱硫排煙中の SO_2 の量であり、

前記制御演算装置は、前記第 1 及び前記第 2 パラメータのうちの 1 つのための設定点を、(i) 前記パラメータの現在値、(ii) 前記排出された脱硫排煙中の SO_2 の量、及び (iii) 前記判別された最適化目的に従って決定し、前記判別された最適化目的のために前記 WFGD システム稼動を最適化するように前記パラメータのために決められた設定点に基づいて前記 1 つのパラメータの制御を指示する、請求項 1 に記載の制御機。

【請求項 11】

前記 WFGD システムは、酸化空気を適用して前記受容された前記 SO_2 含有湿潤排煙から除去された SO_2 を結晶化することにより、前記受容された SO_2 含有湿潤排煙から SO_2 の除去の副産物として石膏を生産し、

前記少なくとも 1 つの CTPP は、前記第 1 パラメータ、前記第 2 パラメータ、及び前記適用された酸化空気の量に対応する第 3 パラメータのうちの 1 つ以上を含み、

前記制御演算装置は、前記第 1、第 2 及び第 3 パラメータのうちの 1 つのための設定点を、(i) 前記パラメータの現在値、(ii) 前記排出された脱硫排煙中の SO_2 の量、及び (iii) 前記判別された最適化目的に従って決め、また、前記判別された最適化目的のために前記 WFGD システム稼動を最適化するように前記パラメータのために決められた設定点に基づいて前記 1 つのパラメータの制御を指示する、請求項 1 に記載の制御機。

【請求項 12】

前記システムは、 NO_x 含有排煙を受容し、アンモニア及び希釈空気を適用して前記 NO_x 含有排煙から NO_x を除去することにより、 NO_x の排出を制御し、 NO_x 排煙の排出を減少させる選択性接触還元 (SCR) システムであって、

前記少なくとも 1 つ以上の CTPP は、前記適用されたアンモニアの量に対応するパラメータを含み、

前記 AOP は、前記排出された排煙中の NO_x の量であり、

前記制御演算装置は、前記パラメータのための設定点を、(i) 前記パラメータの現在値、(ii) 前記排出された排煙中の NO_x の量、及び (iii) 前記判別された最適化目的に従って決定し、前記判別された最適化目的のために前記 SCR システム稼動を最適化するように前記決められた設定点に基づいて前記パラメータの制御を指示すること特徴とする請求項 1 に記載の制御機。

【請求項 13】

前記 MPP は、排出された排煙中のアンモニアの量を含み、

前記制御演算装置は、前記排出された排煙値中のアンモニアの量の現在値に基づいて前記パラメータのための設定点を定める、請求項 12 に記載の制御機。

【請求項 14】

汚染物質の排出を制御する大気汚染制御 (APC) 工程を行う方法であって、前記工程は、複数の工程パラメータ (MPP) を含み、前記 MPP のうちの 1 つ以上は、制御可能な工程パラメータ (CTPP) であり、前記 MPP のうちの 1 つは、前記システムにより排出された汚染物質の量 (AOP) であり、以下の段階を含む方法：

最適化目的を判別する段階と、

10

20

30

40

50

M P P の現在値及び前記判別された最適化目的に従って前記 1 つ以上の C T P P のうちの少なくとも 1 つのための設定点を定める段階、及び

前記 C T P P のために決められた設定点に基づいて前記 1 つ以上の C T P P のうちの 1 つ以上の制御を指示する段階。

【請求項 15】

前記工程は、前記排出された A O P の現在値 (A V) に対する目的又は限界を示す定義された A O P 値 (A O P V) を有し、

前記 C T P P 各々のための設定点は、前記 A O P V を基にして決められ、

前記判別された最適化目的は、前記排出された A O P を A O P V 未満のレベルに維持することである、請求項 14 に記載の方法。

10

【請求項 16】

前記工程の実行は、副産物が生成されるようにし、

前記判別された最適化目的は、前記生産された副産物の品質を所望の値に制御したり、前記生産された副産物の品質を最大化したり、前記生産された副産物の品質を最小化することであること特徴とする請求項 14 に記載の方法。

【請求項 17】

前記工程の実行は、副産物が生産されるようにし、

前記 M P P のうちの 1 つは、前記生産された副産物の品質 (Q P B P) であり、

前記工程は、前記 Q P B P の実際品質に対する目的又は限界を示す定義された Q P B P 値 (Q P B P V) を有し、

20

前記判別された最適化目的は、前記 Q P B P を前記 Q P B P V 超過又は未満のレベルに維持することである、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 18】

前記工程の実行は、副産物が生成されるようにし、

前記 M P P のうちの 1 つは、前記生産された副産物の品質 (Q P B P) であり、

前記工程は、前記 Q P B P の実際品質に対する目的又は限界を示す定義された Q P B P 値 (Q P B P V) を有し、

前記制御演算装置は、Q P B P V に基づいて C T P P 各々のための前記設定点を定める追加的論理を有するように設定される、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 19】

前記判別された最適化目的は、前記工程の稼動コストを最小化することである、請求項 14 に記載の方法。

30

【請求項 20】

前記 1 つ以上の C T P P のための設定点は、前記 C T P P 各々と前記排出された A O P の関係を示す、神経回路網工程モデル及び非神経回路網工程モデルのうちの 1 つに基づいて決められる、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 21】

前記 1 つのモデルは、第 1 原理モデル、ハイブリッドモデル、及び回帰モデルのうちの 1 つを含む、請求項 20 項に記載の方法。

【請求項 22】

40

前記工程は、石灰石スラリーを適用して S O ₂ 含有湿潤排煙から S O ₂ を除去することにより、S O ₂ の排出を制御し、脱硫された排煙を排出する湿式排煙脱硫工程であり、

前記少なくとも 1 つの C T P P は、前記適用された石灰石スラリーの p H に対応する第 1 パラメータ、及び前記適用された石灰石スラリーの分布に対応する第 2 パラメータのうちの 1 つ以上を含み、

前記 A O P は、前記排出された脱硫排煙中の S O ₂ の量であり、

前記第 1 及び第 2 パラメータのうちの 1 つのための設定点は、(i) 前記パラメータの現在値、及び前記排出された脱硫排煙中の S O ₂ の量、及び (ii) 前記判別された最適化目的に従って決定され、

前記 1 つのパラメータの制御は、前記判別された最適化目的のために前記 W F G D 工程

50

を最適化するように前記パラメータのために決められた設定点に基づいて指示される、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 23】

前記 WFGD 工程は、酸化空気を適用して前記 SO_2 含有湿潤排煙から除去された SO_2 を結晶化することにより、前記 SO_2 含有湿潤排煙から SO_2 の除去の副産物として石膏を生産し、

前記 1 つ以上の CTPP は、前記適用された石灰石スラリーの pH に相応する第 1 パラメータ、前記適用された石灰石スラリーの分布に相応する第 2 パラメータ、及び適用された酸化空気の量に相応する第 3 パラメータのうちの 1 つ以上を含み、

前記第 1、第 2 及び第 3 パラメータのうちの 1 つのための設定点は、(i) 前記パラメータの現在値、及び前記排出された脱硫排煙中の SO_2 の量、及び(ii) 前記判別された最適化目的に従って決定され、

前記 1 つのパラメータの制御は、前記判別された最適化目的のために WFGD 工程を最適化するように前記パラメータのために決められた設定点に基づいて指示される、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 24】

前記工程は、アンモニア及び希釈空気を適用して NO_x 含有排煙から NO_x を除去することにより NO_x の排出を制御し、 NO_x 排煙の排出を減少させる選択的接触還元 (SCR) 工程であり、

前記少なくとも 1 つの CTPP は、前記適用されたアンモニアの量に相応するパラメータを含み、

前記 AOP は、前記排出された排煙中の NO_x の量であり、

前記パラメータのための設定点は、(i) 前記パラメータの現在値、及び前記排出された排煙中の NO_x の量、及び(ii) 前記判別された最適化目的に従って決定され、

前記パラメータの制御は、前記判別された最適化目的のために前記 SCR 工程を最適化するように前記決められた設定点に基づいて指示される、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 25】

前記 MPP は、前記排出された排煙中のアンモニアの量を含み、

前記パラメータのための設定点は、前記排出された排煙値のうちアンモニアの量の現在値に基づいて決められる、請求項 24 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0001】

本発明の出願明細書は、本願発明と同時に出願された、米国特許出願整理番号第 _____ 号 [代理人整理番号 3 1 5 6 - 0 4 6] 「大気汚染制御工程のモデル予測制御」と、本願発明と同時に出願された米国特許出願整理番号第 _____ 号 [代理人整理番号 3 1 5 6 - 0 4 6 E] 「大気汚染制御のコストに基づく制御」と、本願発明と同時に出願された米国特許出願整理番号第 _____ 号 [代理人整理番号 3 1 5 6 - 0 4 6 H] 「大気汚染制御放出の平均値の所望値への移転に対する制御」と、本願発明と同時に出願された米国特許出願整理番号第 _____ 号 [代理人整理番号 3 1 5 6 - 0 4 6 I] 「工程パラメータの平均値の所望値への段階的制御」と、本願発明と同時に出願された米国特許出願整理番号第 _____ 号 [代理人整理番号 3 1 5 6 - 0 4 6 J] の「大気汚染制御における利益の最大化及び損失の最小化」と、本願発明と同時に出願された米国特許出願整理番号第 _____ 号 [代理人整理番号 3 1 5 6 - 0 4 6 K] の「大気汚染制御における規制クレジットの最大化」と関連がある。

【技術分野】

【0002】

本発明は、工程制御に関するものである。より詳細には、大気汚染制御に用いられるような工程の向上した制御のための技法に関する。このような工程の例としては、湿式及び乾式排煙脱硫 (WFGD / DFGD)、選択的接触還元 (SCR) による酸化窒素除去、

及び電気集塵 (ESP) による粒子除去処理が含まれるが、これに限定されない。

【背景技術】

【0003】

湿式排煙脱硫：

既に言及したように、論議の基をなす幾つかの大気汚染制御工程が存在するが、WFGD工程が特に注目されている。WFGD工程は、電力業界において排煙から SO_2 を除去するために最も一般的に用いられる工程である。図1は、例えば石炭化石燃料の火力発電システムにより生成されるような汚染された排煙から SO_2 を除去し、商業レベルの副産物、例えば最小の廃棄コストにより廃棄することができる特性を有するもの、もしくは商業用途において販売可能な特性を有するものなどを生成するための、湿式排煙脱硫 (WFGD) サブシステムの概略を示すブロック線図である。

10

【0004】

現在、米国で良く使われているWFGDの副産物は、住宅及びオフィスの建物に使用される人造壁板としての使用に適した比較的高品質 (95%以上の純度) の商業レベルの石膏である。高品質 (約92%) の商業レベルの石膏は、ヨーロッパ連合やアジアでも現在よく使われているWFGDの副産物であるが、一般的には、セメント及び肥料として使用するために生産される。一方、高品質の石膏市場が縮小する場合には、WFGDの副産物として生産される商業レベルの石膏の品質を最小のコストでの廃棄に必要な程度のより低い品質仕様を満たすまで低下させることも可能である。これに関して、例えば石膏の品質が住宅地の埋立や、電力発電に使われる石炭を掘り出した場所の埋め用として適している場合には、廃棄コストを最小化することができる。

20

【0005】

図1に示すように、汚染された SO_2 が含まれた排煙112は、石炭火力発電システム110のボイラー又は節約装置 (図示されない) から大気汚染制御システム (APC) 120に排出される。一般に、APC120に流入する汚染された排煙112には、 SO_2 のみならず、 NO_x 及び粒子状物質等の、所謂その他の汚染物質も含まれている。WFGDサブシステムにより処理される前に、APC120に流入する汚染された排煙112は、まず汚染された排煙112から NO_x 及び粒子状物質を取り除くために、他のAPCサブシステム122に送られる。例えば、汚染された排煙は、選択的接触還元 (SCR) サブシステム (図示されない) を用いて NO_x を除去し、電気集塵サブシステム (EPS) (図示されない) 又はフィルター (図示されない) を用いて粒子状物質を除去するように処理することができる。

30

【0006】

他のAPCサブシステム122から排出された SO_2 含有排煙114は、WFGDサブシステム130に送られる。 SO_2 含有排煙114は、吸収塔132により処理される。当業者に理解されるように、排煙114中の SO_2 は酸濃度が高い。従って、吸収塔132は、 SO_2 含有の排煙114を、排煙114よりpHレベルの高い液状スラリー148と接触するように動作する。

【0007】

従来のWFGDサブシステムの大半は、図1に示すような種類のWFGD処理装置を含んで構成されている。これには様々な理由がある。例えば、当該分野で理解されるように、噴霧吸収塔を有するWFGD処理装置は、WFGD工程に対してある一定の好適な工程特性を有している。しかし、所望の場合、他の吸収/酸化機器構成を有するWFGD処理装置を図1に示すようなものの代りに用いてもよく、その場合、類似の排煙脱硫機能が提供され、本発明に提示されるより進化した工程制御の向上により同様の効果を達成することができる。明確性及び簡潔性を図るために、本発明における議論は、図1に示すような一般的な噴霧塔を参照して行われるが、提示される概念は、他のWFGDの構成にも適用可能である。

40

【0008】

逆流吸収塔132の処理においては、排煙114中の SO_2 が炭酸カルシウムが豊富な

50

スラリー（石灰石及び水）１４８と反応して亜硫酸カルシウムを形成するが、これは基本的に塩であり、これにより排煙１１４から SO_2 を取り除く。 SO_2 が除去された排煙１１６は、吸収塔１３２から排出されて排気煙突１１７、もしくは下流処理機器（図示されない）に排出される。得られた変質スラリー１４４は、結晶化器１３４に導入され、ここで塩が結晶される。結晶化器１３４及び吸収器１３２は、通常、単一塔内にその間の何ら物理的分離を生じずに存在する一方、互いに異なる作用（気体状での吸収及び液体状での結晶化）が進行するが、この２つの作用は、同一工程の容器内で行われる。これから結晶化された塩を含む石膏スラリー１４６は、結晶化器１３４から脱水機１３６に送られる。さらに、石膏スラリー１４６と同一濃度の結晶化塩を含んでもよく、含まなくともよい再循環のスラリー１４８は、ポンプ１３３により結晶化器１３４から吸収塔１３２に戻され、吸収サイクルが継続して行われる。

10

【０００９】

送風機１５０は、周囲空気１５２を加圧して結晶化器１３４のための酸化空気１５４を生成する。酸化空気１５４は、結晶化器１３４内でスラリーと混合して亜硫酸カルシウムを酸化させ硫酸カルシウムにする。硫酸カルシウムの各分子は、水分子の２つと結合して通常、石膏１６０と呼ばれる化合物を形成する。このように、石膏１６０は、ＷＦＧＤ処理装置１３０から除去され、例えば建築レベルの人造壁板の製造業者に販売される。

【００１０】

脱水機１３６から回収された水１６７は、ミキサー／ポンプ１４０に導入され、ここで粉砕機１７０から送られた新たに粉砕された石灰石１７４と混合されて石灰石スラリーを生成する。一部の工程水は石膏１６０及び廃棄水流１６９の両方で損失するため、清水の供給源１６４から清水１６２がさらに添加され、石灰石スラリーの密度を維持する。また、灰等の廃棄物は、ＷＦＧＤ処理装置１３０から廃棄水流１６９を介して除去される。この廃棄水は、例えば灰沈殿池に送られるか、あるいはまた別の方式で廃棄される。

20

【００１１】

要約すると、 SO_2 含有の排煙１１４内の SO_2 は、吸収塔１３２のスラリー接触区域内でスラリー１４８により吸収された後、結晶化器１３４内で結晶化及び酸化され、脱水機１３６内で脱水されることにより、所望の工程副産物、この例では、商業レベルの石膏１６０を形成する。 SO_2 含有の排煙１１４は、数秒単位で吸収塔１３２を通過する。結晶化器１３４により変換されたスラリー１４４内での塩の完全な結晶化には８時間～２０時間以上が必要な場合もある。従って、結晶化器１３４は、記憶、結晶化の役割をするために大容量である。再循環スラリー１４８は、付加的な SO_2 の回収のために吸収器の最上部に再びポンプ注入される。

30

【００１２】

このように、スラリー１４８は、吸収塔１３２の上部に供給される。前記塔１３２は、通常スラリー１４８を塔１３２内に供給するための複数の水位の噴霧ノズルを含む。吸収器１３２は逆流構造で動作しており、スラリースプレーは、吸収器内で下方に流れ、吸収塔の下部に供給された、上方に流れる SO_2 含有の排煙１１４と接触するようになる。

【００１３】

石灰石供給源１７６から送られた新規の石灰石１７２は、まず粉砕機１７０（通常ボールミール）で粉砕された後、ミキサー１４内で回収された水１６７及び清水／補充水１６２と混合されて石灰石スラリー１４１を形成する。パルプ１６３を通じたミキサー／タンク１４０への粉砕石灰石１７４及び水１６２の流れは、ミキサー／タンク１４０内に新規の石灰石スラリー１４１が十分に在庫として残るように調節される。新規の石灰石スラリー１４１の結晶化器１３４への流れは、スラリー１４８の適切なｐＨを維持するように調整され、これは次に排煙１１４から除去される SO_2 の量を調節する。ＷＦＧＤ処理は、通常排煙から９２～９７％の SO_2 除去率を示すが、当業者は、特定の技法を使用して有機酸をスラリーに添加することにより、 SO_2 の除去率が９７％以上とすることが可能であることが理解できる。

40

【００１４】

50

上記のように、従来のWFGDサブシステムは、スラリーを再循環させる。通常一部の廃水及びその他の廃棄物が石膏生産中に生成されても、水は可能な範囲で再利用され、新規の石灰石スラリーを補充するのに使われるため、工程水を処理するときに発生する廃棄物及びコストを最小化することができる。

【0015】

石灰石は大半のところで容易に大量に入手可能であることから、石炭ガス脱硫処理における反応物として一般に使われている。しかし、他の反応物、例えば生石灰又はナトリウム化合物を石灰石の代りに使用してもよい。このような他の反応物は、通常、高価であるため現在の石灰石反応物と価格競争力がない。しかし、ミキサー140及び上流反応物の供給源に少しの変更を加えれば、既存の石灰石WFGDシステムが生石灰又はナトリウム化合物により動作させることができる。実際に、大半のWFGDシステムは、石灰バックアップシステムを有しており、石灰石の送達に問題が生じたり、そして/あるいは粉碎機170の保守整の延長の問題がある場合に動作する。

【0016】

図2は、図1に示すようなWFGDサブシステムのある一定の側面をより詳細に示している。図示するように、脱水機136は、第1次脱水機136A及び第2次脱水機136Bの両方を含んでもよい。第1次脱水機136Aは、好ましくは、石膏及び水を分離させるハイドロサイクロンを含む。第2次脱水機136Bは、好ましくは、石膏を乾燥させるベルト乾燥機を含む。既に述べたように、排煙114は、通常、側面から吸収器132に流入し、吸収塔の上部内に噴霧された石灰石スラリーミストを通過して上方に流れる。吸収器から抜け出る前に、排煙は、吸収器132の最上部に位置するミスト分離器(ME)(図示されない)を通過し、ミスト分離器は、排煙の流れから流入した液体及び固形物を除去する。ミスト分離器を固形物なしに維持するために、ME洗浄水200がミスト分離器に適用される。理解されるように、ME洗浄水200は、清水の供給源164からの水を使用して吸収塔132内のMEを清浄に維持する。ME洗浄水200は、WFGDサブシステム130に供給される最も純粋な水である。

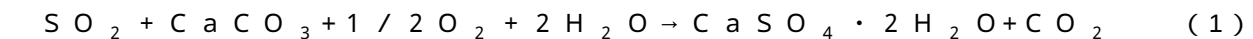
【0017】

上記のように、石灰石スラリーミストは、吸収塔132を介して流れる排煙から高い割合のSO₂(例えば、92~97%)を吸収する。SO₂を吸収した後、スラリー噴霧が結晶化器134に落下する。現実の実装形態では、吸収塔132及び結晶化器134がしばしば単一の一体構造で設置され、構造内において吸収塔が結晶化器のすぐ上に位置する。その場合には、スラリー噴霧が簡単に一体構造の基底に落下して結晶化される。

【0018】

石灰石スラリーは、結晶化器134内でSO₂と反応して石膏(硫酸カルシウム二水和物)を生成する。既に言及したように、強制圧縮酸化空気154が酸化を促すために使われ、酸化は以下の反応により行われる。

【0019】



酸化空気154は、送風機150により結晶化器134内に強制流入する。酸化空気は、亜硫酸カルシウムの硫酸カルシウムへの転換に必要な付加的酸素を提供する。

【0020】

吸収塔132は、環境規制に基づいて要求される高い除去効率を達成するために必要な排煙と液状スラリーの密接な接触を実現するのに使われる。逆流開放噴霧吸収塔は、石灰石-石膏WFGD処理に特に好適な特性を提供する。これは本質的に確実な方法であり、他の塔方式のWFGD処理装置の構成要素に比べて閉塞の可能性が低く、圧力低下が少なく、資金及び運営コストのすべての面で有利である。

【0021】

図2に示すように、水供給源164は、通常、十分な量の清水を保存するための水タンク164Aを有する。また、通常、吸収塔132に送られるME洗浄水200を加圧するための1つ以上のポンプ164B、及びミキサー140に送られる清水の流れ162を加

圧するための１つ以上のポンプ１６４Ｃを有する。ミキサー１４０は、混合タンク１４０Ａ、及び新規の石灰石スラリー１４１を結晶化器１３４に移動させるための少なくとも１つのスラリーポンプ１４０Ｂを有する。１つ以上の付加的な極めて大容量のスラリーポンプ１３３（図１参照）は、スラリー１４８を結晶化器１３４から吸収塔１３２の最上部にある複数のスプレーレベルに引き上げるために必要である。

【００２２】

以下に説明するように、通常、石灰石スラリー１４８は、吸収塔１３２の様々なレベルに位置する噴霧ノズル（図示せず）を介して吸収塔１３２に流入する。完全負荷の場合、大半のＷＦＧＤサブシステムは、１つ以上の予備スラリーポンプ１３３を用いて動作する。負荷が減少した場合には、しばしば減少した数のスラリーポンプ１３３により、所要の SO_2 除去効率を達成することができる。これは、スラリーポンプ１３３のポンプ注入負荷を減少させ、顕著な経済的効果をもたらす。前記ポンプは、世界で最も大きなポンプのうちの１つであり、電力グリッド（寄生電力負荷）として直接販売できる電気で駆動される。

10

【００２３】

石膏１６０は、第１次脱水機１３６Ａ内で、通常、ハイドロサイクロンにより石膏スラリー１４６中の液体から分離される。ハイドロサイクル、及び／又は第１次脱水機１３６Ａの１つ以上のその他の構成要素の上層流は少量の固形物を含む。図２に示すように、この上層流のスラリー１４６Ａは、結晶化器１３４に戻される。回収された水１６７は、ミキサー１４０に戻されて新規の石灰石スラリーを製造する。他の廃棄物１６８は、通常、第１次脱水機１３６Ａから灰沈澱池２１０に導入される。下層流のスラリー２０２は、第２次脱水機１３６Ｂに導入されるが、前記脱水機は、ベルトしばしばフィルターの形態を有し、ここで、スラリーが乾燥されて石膏の副産物１６０が生成される。同様に、第２次脱水機１３６Ｂから回収された水１６７は、ミキサー／ポンプ１６７に戻される。図１に示すように、持っているものや、他の石膏サンプル（１６１）を一般的に数時間ごとに採集して分析し、石膏１６０の純度を測定する。石膏の純度の直接的なオンライン測定は不可能である。

20

【００２４】

図１に示すように、比例積分微分（ＰＩＤ）制御器１８０が通常、フィードフォワード制御器（ＦＦ）１９０とともにＷＦＧＤサブシステムの動作を制御するために用いられる。旧来よりＰＩＤ制御器は、空気圧のアナログ制御機能を志向したものである。今日では、ＰＩＤ制御器は、数学的公式を使用してデジタル制御機能を志向したものになっている。ＦＦ１９０／ＰＩＤ制御器１８０の最終目標は、確立している連結関係に基づいてスラリーｐＨを制御することである。例えば、図１のバルブ１９９の調整と、結晶化器１３４から吸収塔１３２へ流れるスラリー１４８の測定されたｐＨ値の間に構築された連結関係がある場合、バルブ１９９は、スラリー１４８のｐＨが設定点（ＳＰ）と呼ばれる所望の値１８６に相応するように制御される。

30

【００２５】

ＦＦ１９０／ＰＩＤ制御器１８０は、ｐＨ設定点に基づいてバルブ１９９を介して石灰石スラリー１４１のフローを調整し、ｐＨセンサー１８２により測定されたスラリー１４８のｐＨ値を高めたり低下させたりする。理解されるように、これは、それぞれの制御信号（１８１及び１９１）を送るＦＦ／ＰＩＤ制御器により達成され、これは、フロー制御ＳＰ１９６により示されるバルブ調整命令を、好ましくは、バルブ１９９の一部であるフロー制御器に伝達する。フロー制御ＳＰ１９６に反応し、フロー制御器は次にバルブ１９９の調整を誘導し、ミキサー／ポンプ１４０から結晶化器１３４への石灰石スラリー１４１の流れを変更する。

40

【００２６】

この例では、ＦＦ制御器１９０及びＰＩＤ制御器１８０の組合わせによるｐＨ制御を示している。一部の設備は、ＦＦ制御器１９０を含まない場合もある。

【００２７】

50

この例において、P I D制御器 1 8 0 は、p H センサー 1 8 2 から受信した測定されたスラリー p H 値 1 8 3 を、結晶化器 1 3 4 から吸収塔 1 3 2 へ流れるスラリー 1 4 8 の測定された p H 値 1 8 3 の間に構築された連結関係を示す石灰石フロー制御アルゴリズムに従って処理して P I D 制御信号 1 8 1 を生成する。前記アルゴリズムは、通常 P I D 制御器 1 8 0 に保存されるが、これは必須ではない。制御信号 1 8 1 は、例えばバルブ 1 9 9 のためのバルブ設定点 (V S P)、又はバルブ 1 9 9 を抜け出る粉碎された石灰石スラリー 1 4 1 の流れのための測定値設定点 (M V S P) を示すことができる。

【 0 0 2 8 】

該当分野で理解されるように、P I D 制御器 1 8 0 で使用されるアルゴリズムは、比例要素、積分要素及び微分要素を含む。P I D 制御器 1 8 0 は、まず、所望の S P と測定値との間の差を計算して誤差を求める。次に、P I D 制御器は、その誤差をアルゴリズムの比例要素に適用するが、これはその P I D 制御器、又は複数の P I D 制御器が W F G D サブシステムに使用される場合には、それぞれの P I D 制御器のために調整可能な定数である。P I D 制御器は、通常、調整係数又は処理利得 (process gain) を前記誤差と乗算し、バルブ 1 9 9 の調整のための比例関数を求める。

10

【 0 0 2 9 】

しかし、P I D 制御器 1 8 0 が調整係数又は処理利得に対する正確な値を持たない場合や、工程条件が変化する場合には、比例関数が不正確になる。この精度の低さのため、P I D 制御器 1 8 0 により生成される V S P 又は M V S P は、実際に所望の S P に相応する値を相殺するようになる。従って、P I D 制御器 1 8 0 は、積分要素を用いて経時的に蓄積された誤差を適用する。積分要素は時間係数である。ここで、再び P I D 制御器 1 8 0 は、調整係数又は処理利得を蓄積された誤差と乗算し、差減要素を除去する。

20

【 0 0 3 0 】

次に、微分要素を調整する。微分要素は加速係数であって、継続的に変化が起こる。実際に、微分要素は、W F G D 工程制御に使われる P I D 制御器にはあまり適用されない。これは、微分要素の適用がこの種の制御応用分野では特別に有効ではないためである。従って、W F G D サブシステムに使用される大半の制御器は、実際には P I 制御器である。しかし、当業者は、必要な場合、P I D 制御器 1 8 0 を従来の方式で微分要素を適用するのに必要な論理として容易に設定できることが理解できる。

【 0 0 3 1 】

要約すると、3 つの調整定数が存在するが、これは、工程値、例えば吸収塔 1 3 2 に流入する再循環スラリー 1 4 8 の p H を設定点、例えば新規の石灰石スラリー 1 4 1 の結晶化器 1 3 4 への流れで制御するために、通常の P I D 制御器により適用することができる。いずれの設定点が使われても、これは常に工程値の側面から構築され、所望の結果、例えば吸収塔 1 3 2 から排出された排煙 1 1 6 に残存する S O ₂ の値の側面から構築されない。言い換えれば、設定点は工程の側面から扱われており、制御された工程値は、P I D 制御器がその値を制御できるようにするために直接測定可能である必要がある。アルゴリズムの正確な形態は、装置の販売者ごとに異なるが、基本的な P I D 制御アルゴリズムは装置産業で 7 5 年以上過ぎても使用されている。

30

【 0 0 3 2 】

再び図 1 及び図 2 を参照すれば、P I D 制御器 1 8 0 及び F F 制御器 1 9 0 から受信した命令を基にフロー制御器は信号を生成するが、これはバルブ 1 9 9 を開閉することにより粉碎された石灰石スラリー 1 4 1 の流れを増加又は減少させる。フロー制御器は、バルブ 1 9 9 が V S P と一致するように開いたり閉まるまで、又はバルブ 1 9 9 に流れる石灰石スラリー 1 4 1 量の測定値が M V S P と一致するまでバルブの調整を引き続き制御する。

40

【 0 0 3 3 】

上記のような例示的な従来 W F G D 制御においては、スラリー 1 4 8 の p H が所望の p H 設定点 1 8 6 に基づいて制御される。制御を行うために、P I D 1 8 0 は、センサー 1 8 2 から工程値、つまりスラリー 1 4 8 の p H 1 8 3 の測定値を受信する。P I D 制御

50

器 1 8 0 は、前記工程値を処理してバルブ 1 9 9 に対する命令 1 8 1 を生成し、ミキサー / タンク 1 4 0 からの結晶化器のスラリー 1 4 4 より pH が高い新規の石灰石スラリー 1 4 1 の流れを調整し、これにより、スラリー 1 4 8 の pH を調整する。前記命令 1 8 1 によりバルブ 1 9 9 をさらに開く場合は、より多くの石灰石スラリー 1 4 1 がミキサー 1 4 0 から結晶化器 1 3 4 内に流れ、スラリー 1 4 8 の pH を増加させる。一方、命令 1 8 1 に従ってバルブ 1 9 9 を閉める場合は、ミキサー 1 4 0 から結晶化器 1 3 4 内への石灰石スラリー 1 4 1 の流れがより小さくなり、スラリー 1 4 8 の pH を低下させる。

【 0 0 3 4 】

さらに、W F G D サブシステムでは、安定した動作を保障するためにフィードフォワード装置 1 9 0 を用いてフィードフォワードループを導入してもよい。図 1 に示すように、吸収塔 1 3 2 に流入する排煙 1 1 4 中の SO_2 の濃度値はセンサー 1 8 8 により測定され、フィードフォワード装置 1 9 0 に入力される。F F 制御要素を含む複数の W F G D システムは、流入する排煙 SO_2 の濃度 1 8 9 を電力発電システム 1 1 0 からの発電機負荷の計測と組み合わせて、単に濃度ではなく、むしろ流入 SO_2 の量を測定し、次いでこの流入 SO_2 の量を F F 1 9 0 に対する入力値として使用してもよい。フィードフォワード装置 1 9 0 は、時間遅延に伴う比例要素の役割をする。

10

【 0 0 3 5 】

このような例示的な実装形態において、フィードフォワード装置 1 9 0 は、センサー 1 8 8 から一連の SO_2 測定値 1 8 9 を受信する。フィードフォワード装置 1 9 0 は、現在受信した濃度値を、直前に受信した濃度値と比較する。フィードフォワード装置 1 9 0 が SO_2 の測定濃度に対して、例えば百万分の 1 0 0 0 ~ 1 2 0 0 の変化が発生したと判断する場合には、階段関数を平滑化する論理として設定され、動作における急激な変化を避けるようになる。

20

【 0 0 3 6 】

フィードフォワードループは、正常な動作の安定性を飛躍的に向上させるが、その理由は、スラリー 1 4 8 の pH 値と結晶化器 1 3 4 へ流れる石灰石スラリー 1 4 1 の量との間の関係が極めて非線形的であり、P I D 制御器 1 8 0 は、効果的な線形制御器であるためである。従って、フィードフォワードループなしでは、P I D 1 8 0 が同一の調整定数として広範囲な pH に対する適切な制御を行うことは非常に難しい。

【 0 0 3 7 】

スラリー 1 4 8 の pH を制御することにより、P I D 制御器 1 8 0 は、 SO_2 含有の排煙 1 1 4 から SO_2 の除去、及び W F G D サブシステムにより生成される石膏副産物 1 6 0 の量の両方に影響を及ぼす。新規の石灰石スラリー 1 4 1 の流れを増加させてスラリーの pH を増加させる場合、 SO_2 含有の排煙 1 1 4 から除去される SO_2 の量が増加する。一方、石灰石スラリー 1 4 1 の流れを増加させ、これによりスラリー 1 4 8 の pH を増加させる場合には、吸収以降の SO_2 酸化が遅れ、そのため亜硫酸カルシウムの硫酸塩への変換も遅れるようになり、その結果、生産される石膏 1 6 0 の量が低下するようになる。

30

【 0 0 3 8 】

このため、 SO_2 含有の排煙 1 1 4 から SO_2 を除去し、石膏副産物 1 6 0 の必要量を維持するなど、対峙する制御目的が存在する。すなわち、 SO_2 排出の要件と、石膏量の要件との間に対峙がある。

40

【 0 0 3 9 】

図 3 には、図 1 及び図 2 を参照して記載した W F G D サブシステムの他の側面について示されている。図示するように、 SO_2 含有の排煙 1 1 4 は、開口 3 1 0 を介して吸収塔 1 3 2 の基低部分に流入し、 SO_2 非含有排煙 1 1 6 は、開口 3 1 2 を介して吸収塔 1 3 2 の上部に流出する。このような通常の実装形態では、逆流吸収塔が複数のスラリースプレーレベルを有するものとして示される。このように、M E 洗浄水 2 0 0 が吸収塔 1 3 2 に流入し、洗浄水の噴霧器（図示されない）により分散される。

【 0 0 4 0 】

50

さらに、多重吸収塔スラリーノズル（306A、306B及び306C）が示されており、これらはそれぞれスラリー噴霧器（308A、308B又は308C）を有するが、これはスラリーを排煙内に噴霧して SO_2 を吸収する。スラリー148は、図1に示されるような結晶化器134から複数のポンプ（133A、133B及び133C）によりポンプ注入されるが、これらはそれぞれスラリーを互いに異なるレベルのスラリーノズル（306A、306B又は306C）のうちの1つにまでポンプ注入する。3つの互いに異なるレベルのスラリーノズル及び噴霧器を示しているが、ノズル及び噴霧器の個数は、各々の実装形態により変化する。

【0041】

吸収器132から出る排煙116の流速に対する吸収器132に流入する液状スラリー148の流速の比率は、通常、 L/G で特徴付けられる。 L/G は、WFGDサブシステムの主要設計パラメータの1つである。

【0042】

G で示される排煙116（蒸気で飽和したもの）の流速は、WFGD処理装置130の上流にある電力発電システム110から出る流入排煙112の関数である。従って、 G は制御されず、制御することもできないが、WFGD処理中に指定されなければならない。このため、 L/G に影響を及ぼすためには「 L 」を調整する必要がある。動作中のスラリーポンプの個数、及びこれらスラリーポンプの配列（line-up）を調整する場合、 L で示されるWFGD吸収塔132に流れる液状スラリー148の流速が制御される。例えば、単に2つのポンプのみ動作する場合には、ポンプを上部の2つのスプレーレベルで動作させるのに対して、ポンプを最上部及び基底部のスプレーレベルで動作させることは、異なる「 L 」を生成することになる。

【0043】

スラリーポンプ（133A、133B及び133C）の動作を制御することにより「 L 」を調整することができる。ポンプを個別にオン/オフすることにより吸収塔132に流れる液状スラリー148の流速、及び液状スラリー148が吸収塔に導入される有効の高さを調整することができる。スラリーが塔に導入される高さが高いほど、排煙との接触時間がより長くなり、より多くの SO_2 が除去されるが、このような付加的な SO_2 の除去は、スラリーをさらに高いスプレーレベルまでポンプ注入するための電力消費の増加が伴う。ポンプの個数が多くなるほど、そのような制御の粒度（granularity）が大きくなる

【0044】

極めて大きな部分を占める回転装置であるポンプ（133A～133C）は、自動又は手動で開始又は停止することができる。米国では、しばしばこのようなポンプがサブシステムの操作者により手動で制御されることがある。ヨーロッパでは、ポンプ（13A～133C）等の回転装置の開始又は停止を自動化するのが一般的である。

【0045】

WFGD処理装置130に流入する排煙114の流速が電力発電システム110の動作における変化により変更される場合、WFGDサブシステムの操作者は、前記ポンプ（133A～133C）のうちの1つ以上の動作を調整することができる。例えば、排煙の流速が設計負荷の50%に低下した場合、操作者又は制御システムにおける特殊論理は、1つ以上のスプレーレベルでスプレーレベルのノズルでスラリーをポンプ注入するポンプのうちの1つ以上を閉鎖してもよい。

【0046】

図3には示されていないが、ポンプ及びスラリーノズルを有する余分のスプレーレベルが、もう1つのポンプ、又は第1のスプレーレベルに伴うその他のスラリーノズル及び/又はスラリー噴霧器の保守整備の間に使用されるように提供されることが分かる。このような余分のスプレーレベルは、吸収塔、及びそれに伴うサブシステムのコストを増加させる。このため、一部のWFGDの所有者は、余分のスプレーレベルを排除し、このような追加コストが生じないようにし、その代りにスラリーに有機酸を添加して吸収能を高め、

10

20

30

40

50

これにより保守整備期間中に排煙から SO_2 を除去するようにしている。しかし、このような添加剤は高価なため、その使用は製造コストを増加させ、これは時間が経つにつれて資本コストの削減分を相殺することもあり得る。

【0047】

前記式 1 に示すように、 SO_2 を吸収するためには、排煙中の SO_2 とスラリー中の石灰石との間に化学的反応が要求される。吸収器内の化学的反応の結果は亜硫酸カルシウムの生成である。結晶化器 134 内では、亜硫酸カルシウムが酸化して硫酸カルシウム（石膏）を形成する。このような化学的反応の間に酸素が消費される。十分な酸素を提供して反応速度を速めるため、圧縮空気 154 を結晶化器 134 内の液状スラリー内に送風する方法で付加的な O_2 を添加する。

10

【0048】

より詳細には、図 1 に示すように、周囲空気 152 が圧縮されて圧縮空気 154 を形成し、再循環スラリー 148 中の亜硫酸カルシウムを酸化させるために送風機 150、例えば扇風機を使用して結晶化器 134 内に強制流入し、前記再循環スラリーは、結晶化器 134 から吸収器 132 に戻され、石膏スラリー 146 は、追加処理のために脱水システム 136 に送られる。酸化空気 154 の流れの調整を容易に行うために、送風機 150 は、速度又は負荷制御機構を有してもよい。

【0049】

好ましくは、結晶化器 134 内のスラリーは過剰量の酸素を有する。しかし、スラリーにより吸収されたり、あるいは収容される酸素の量には上限がある。スラリー内の O_2 レベルが低すぎる場合には、スラリー中の CaSO_3 の CaSO_4 に対する化学的酸化が停止する。これを石灰石の沈床という。石灰石の沈床が発生すれば、石灰石がスラリー溶液中に溶解することが止まり、 SO_2 の除去が著しく低下する。微量の一部のミネラルの存在も亜硫酸カルシウムの酸化及び / 又は石灰石の溶解を遅らせ、石灰石の沈床が発生させる場合がある。

20

【0050】

スラリーに溶解する O_2 の量は測定可能なパラメータでないため、通常の WFGD サブシステムでは適切な注意を払わなければ、スラリーの O_2 欠乏が生じる可能性もある。これは特に夏によく発生するが、周囲空気温度が高いほど、周囲空気 152 の密度が低くなり、送風機 150 により結晶化器 134 内に最高の速度又は負荷で強制流入される酸化空気 154 の量が減少する。さらに、排煙から除去される SO_2 の量が著しく増加する場合には、相応する量の追加の O_2 が SO_2 の酸化に必要である。従って、WFGD 処理装置への SO_2 の流れの増加に伴い、スラリーは事実上 O_2 が欠乏する可能性がある。

30

【0051】

設計の割合内で吸収された SO_2 を酸化するのに十分な圧縮空気 154 を注入する必要がある。送風機 150 の速度又は負荷が調整可能である場合は、送風機 150 をより低い SO_2 負荷で、及び / 又は周囲空気温度を冷却させる間に低下させることがエネルギーの節約のために好ましい。

【0052】

送風機 150 が最大負荷に達したり、あるいは調整不可能な送風機 150 のすべての O_2 が使用される場合には、 SO_2 を漸増させる酸化を生じさせることができない。負荷のピーク時、又は SO_2 除去率を正確に追跡する送風機 150 の速度制御がない場合、結晶化器 134 内の O_2 不足が発生する可能性がある。

40

【0053】

しかし、スラリー中の O_2 を測定することが不可能なため、スラリー中の O_2 のレベルは、従来の WFGD サブシステムの動作に対する制約として使用されない。従って、結晶化器 134 内のスラリーに O_2 欠乏が発生した場合、正確にモニタリングする方法がない。このため、せいぜい操作者は、石膏副産物 160 の品質が著しく低下したときにスラリーに O_2 欠乏が発生したと推定し、スラリー内に強制流入する O_2 と、酸化すべき吸収された SO_2 のバランスをとるために、送風機 150 の速度又は負荷を制御、そして / ある

50

いは SO_2 の吸収効率を低下させるための最善の判断を行うようにする。このように、従来の WFGD サブシステムでは、スラリー内に強制流入する O_2 と、排煙から吸収される必要がある SO_2 のバランスをとることが操作者の判断によって行われる。

【0054】

要約すると、公共設備分野で使用される大型の WFGD サブシステムの一般的な制御は、通常、分散制御システム (DCS) 内で行われ、一般的にオン/オフ制御論理及び FF / PID フィードバック制御ループで構成される。制御されるパラメータは、スラリーの pH レベル、L / G の割合及び強制流入する酸化空気の流れに限定されている。

【0055】

pH は、 SO_2 の高い溶解度 (つまり SO_2 除去効率)、高品質 (純度) 石膏、及びスケールの沈積の防止を保障するためにある一定の範囲内に維持されなければならない。動作 pH の範囲は、機器及び動作条件の関数である。pH は、新規の石灰石スラリー 141 の結晶化器 134 への流れを調整することにより制御される。石灰石スラリーのフロー調整は、センサーで検出されるスラリーの測定された pH に基づいて行われる。1 つの実装形態では、PID 制御器及び場合により、DCS に含まれた FF 制御器が石灰石スラリーのフロー制御器に従属接続されている。標準 / デフォルト PID アルゴリズムが pH 制御応用分野で使用される。

10

【0056】

液体に対するガスの割合 (L / G) は、吸収塔 132 に流れる液状スラリー 148 に対する排煙フロー 114 の割合である。所与のサブシステム変数のセットに対して、液状スラリー 148 中の SO_2 の溶解度を基準として所望の SO_2 吸収を達成するための最低限の L / G の割合が要求される。L / G の割合は、排煙 114 の流れが変わるときや、スラリーポンプ 133 がオン/オフする際に通常発生する液状スラリー 148 の流れが変わるときに変化する。

20

【0057】

亜硫酸カルシウムの酸化による硫酸カルシウム、つまり石膏の形成は、結晶化器 134 の反応タンク内の付加的酸素を用いた強制酸化により促進される。付加的酸素は、結晶化器 134 内のスラリー溶液内に空気を送風することにより導入される。酸化が不十分な場合には、亜硫酸塩 - 石灰石の沈床が発生し、石膏品質の低下、及び SO_2 除去効率の低下の可能性、及び廃水の高い化学的酸素要求量 (COD) をもたらす可能性がある。

30

【0058】

一般的な WFGD 工程の制御スキームは、統合された目的よりは個別の目的を有する標準制御ブロックで構成される。現在は、操作者がエンジニアリングスタッフと相談し、工程の全体的な最適制御を提供するために努力しなければならない。このような制御を提供するために、操作者は様々な目標及び制約を考慮する必要がある。

【0059】

WFGD 動作コスト - 電力プラントの最小化は、所有者に利益をもたらすためにのみ実施されるものである。従って、WFGD サブシステムを、工程、規制及び副産物の品質的制約、及び経営環境を考慮して最低の適正コストで動作させることが有益である。

40

【0060】

SO_2 除去効率の最大化 - 清浄空気規制は、 SO_2 除去の要件をなす。WFGD サブシステムは、工程、規制及び副産物の品質的制約及び経営環境の観点から SO_2 を効率的に、かつ、適切に除去できるように動作させる必要がある。

【0061】

石膏品質の規定を充足 - 副産物である石膏の販売は、WFGD 動作コストを軽減し、所望の規定を充足する副産物の純度に大きく依存している。WFGD サブシステムは、工程、規制及び副産物の品質的制約及び経営環境の観点から石膏副産物を良好な品質で生産できるように動作させる必要がある。

【0062】

石灰石の沈床の防止 - 燃料の硫含有量の負荷変動及び変化は、排煙 114 中の SO_2 の

50

偏位を起こす可能性がある。適切な補償の調整が行われない場合、スラリー内に高濃度の亜硫酸塩を発生させるおそれがあり、これは次に石灰石の沈床、吸収塔 132 の SO_2 除去効率の低下、石膏品質の劣化、及び廃水の高い化学的酸素要求量 (COD) をもたらす。WFGD サブシステムは、工程制約の観点から石灰石の沈床を防止できるように動作させる必要がある。

【0063】

通常の動作の手順においては、WFGD サブシステムの操作者が WFGD 工程に対する従来の動作手順及び知識に基づき、このような相反する目標及び制約のバランスをとることができるように WFGD 工程の設定点を決める。設定点には、通常、pH、スラリーポンプ 133、及び酸化空気送風機 150 の動作状態が含まれる。WFGD 工程には、複雑な相互作用及び動力学が存在する。従って、操作者は、WFGD サブシステムが SO_2 除去及び石膏純度に対する厳しい制約を充足 / 解消できるように控え目な動作パラメータを選択する。このような控え目な選択を行うことにより、操作者は、常に又はしばしば、最小コストでの動作を犠牲にしている。

10

【0064】

例えば、図 4 は、 SO_2 除去効率及び石膏純度を pH 関数として示したものである。pH が増加すれば、 SO_2 除去効率が向上するが、石膏純度は低下する。操作者は、 SO_2 除去効率及び石膏純度の両方の改善が目的であるため、操作者は、このような相反する目標における妥協点となる pH の設定点を決めなければならない。

【0065】

20

また、大半の場合、操作者には、保障された石膏の純度レベル、例えば 95 % の純度を満足させるようにすることが要求される。図 4 に示すような関係の複雑性、石膏純度の直接的なオンライン測定の欠如、石膏結晶化の長期動力学、及び動作の無秩序な変化のため、操作者はしばしば、石膏純度のレベルがいかなる状況でも明示された制約より高くなるように保障できる pH の設定点を入力するように選択する。しかし、石膏純度を保障するために、操作者は、 SO_2 除去効率を犠牲にしている。例えば、図 4 のグラフのように、操作者は 95 % の石膏純度の制約に対し、さらに 1 % の備え分を保障するために、5.4 pH を選択してもよい。しかし、この pH 設定点を選択する場合、操作者は 3 % の SO_2 除去効率を放棄することになる。

【0066】

30

操作者は、 SO_2 負荷、つまり排煙 114 の流れが最高レベルから中間レベルに低下する場合、類似の犠牲を伴うことになる。このような転移中のいくつかの時点では、ポンプの連続動作が単に少しだけ高い SO_2 除去効率を提供することもあるため、エネルギー節約のために 1 つ以上のスラリーポンプ 133 を停止することが効果的な場合がある。しかし、電力コストと SO_2 除去効率の関係について大半の操作者があまり理解していないため、操作者は控え目なアクセス方法を選択する。このようなアクセス方法により、操作者は 1 つ以上のスラリーポンプ 133 を消すことがより効果的であるにもかかわらず、スラリーポンプ 133 の配列を調整しない場合もある。

【0067】

40

また、複数の規制放出の許容値がモーメント放出の限界及び一部形態の連続平均放出の限界の両方を提供することは周知である。連続平均放出の限界とは、移動する又は経過する一定時間窓におけるモーメント放出値の平均である。前記時間窓は、1 時間程度だけ短いか、1 年程度だけ長い場合もある。一部の典型的な時間窓は、1 時間、3 時間、8 時間、24 時間、1 ヶ月、及び 1 年である。動的な工程脱離を許容するために、モーメント放出の限界は通常、連続平均の限界よりさらに高い。しかし、モーメント放出限界での持続した動作は、連続平均限界の違反をもたらす。

【0068】

従来、PID 180 は、比較的簡単なモーメント限界までの放出を制御する。そのために、工程に対する動作制約、つまり瞬時値を実際の規制放出限界内に設定して安全的な範囲を提供する。

50

【 0 0 6 9 】

一方、連続平均限界までの放出を制御することはより複雑である。連続平均のための時間窓は継続的に進む。従って、任意の所与の時点では幾つかの時間窓がアクティブであり、1つの時間窓が所与の時点から一定の時間後に跨っており、また他の時間窓が所与の時点から一定の時間前に跨っていることになる。

【 0 0 7 0 】

一般的に、操作者は、モーメント限界のために、単純にPID 180に設定されている動作制約と実際の規制放出限界との間で十分な余裕を維持することにより、又は連続平均限界の観点から動作制約を設定するために操作者の判断を働かせることにより、連続平均限界の放出を調節する試みをする。この2つの場合において、連続平均放出の明らかな制御は行われておらず、結果的に、連続平均限界の遵守を保障するか、もしくはコストがかかる過度の遵守 (over-compliance) を防止するための方法はない。

10

【 0 0 7 1 】

選択的接触還元システム：

簡単に、他の大気汚染制御工程であるNO_x除去用選択的接触還元 (SCR) システムを見れば、類似の動作上の問題を確認することができる。SCR工程の概要を図20に示す。

【 0 0 7 2 】

以下の工程概要は、「酸化窒素放出の制御：選択的接触還元 (SCR) (Control of Nitrogen Oxide Emissions: Selective Catalytic Reduction (SCR))」、主題別報告書第9号、Clean Coal Technology、米国エネルギー省、1997」に開示されている：

20

【 0 0 7 3 】

工程の概要

一次的に、NO及びより少量のNO₂で構成されるNO_xは、酸素の存在下で触媒上でNH₃との反応により窒素に変換される。石炭内の硫黄の酸化によりボイラーで生成される少量のSO₂は、SCR触媒により酸化して三酸化硫黄 (SO₃) にされる。また、副反応は、好ましくない副産物である硫酸アンモニウム (NH₄)₂SO₄ 及び硫酸水素アンモニウム NH₄HSO₄ を生成することがある。これらの副産物の形成を支配する複雑な関係があるが、これは工程条件の適切な制御により最小化することができる。

【 0 0 7 4 】

30

アンモニアスリップ

SCR反応器の下流の排煙中の未反応NH₃をNH₃スリップ (slip) という。下流装置の閉塞及び腐蝕を起こす可能性のある (NH₄)₂SO₄ 及びNH₄HSO₄ の形成を最小化するためには、NH₃スリップを5ppm未満、好ましくは2~3ppmに維持することが必須である。これは、高い硫含量の石炭ではより大きな問題になるが、燃料の硫含量及びSCR反応器でのSO₂の酸化により、初期の高レベルのSO₃からもたらされる高レベルのSO₃により発生する問題である。

【 0 0 7 5 】

作動温度

触媒コストは、SCR装置の資金コストの15~20%を占めている。従って、空間速度を最大化にし、触媒の体積を最小化することができる程度の高温で動作することが必須である。同時に、SCR反応よりさらに温度感性であるSO₂のSO₃への酸化率を最小化する必要がある。チタン及びバナジウム酸化物触媒を使用するSCR工程の最適な動作温度は、約650~750°Fである。大半の設備は、排煙温度の低い期間、例えば低負荷操作中に排煙を所望の温度で反応器に提供するために迂回の節約装置を使用する。

40

【 0 0 7 6 】

触媒

SCR触媒は、担持体 (酸化チタン) 及び活性成分 (バナジウム及び一部の場合にタングステンの酸化物) の混合物であるセラミック材料からなっている。現在使用されるSCR触媒の2つの主な形状は、蜂巢状及び板状である。蜂巢状は、一般的に触媒が構造全体

50

に混入されたり、あるいは（均質）基材上にコートされた押出セラミックである。板状は、支持体材料が一般的に触媒でコートされている。塵を含む排煙を処理する場合には、反応器は通常垂直で、排煙は下方に流れる。触媒は、通常一連の2～4個のベッド又は層で配列されている。より良好な触媒の使用方法では、3層又は4層を使用することが良く、さらに1つの層を予備とするが、初期には設置されない。

【0077】

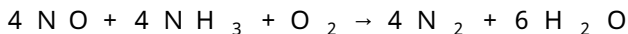
触媒活性が低下する場合には、付加的触媒が反応器内の利用可能な空間に設置される。不活性化が続く場合には、触媒はローテーションにより最上部から始めて1度に1層ずつ交替される。このような方法は、触媒の使用における最大の効果をもたらす。触媒は、蒸気を洗浄剤として沈着物を除去するために周期的に煤の除去処理を行う。

10

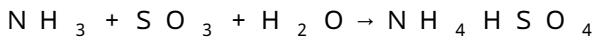
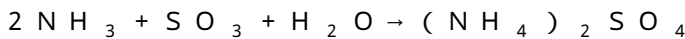
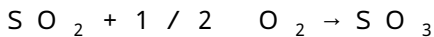
【0078】

化学：

SCR工程の化学反応は、以下のとおりである：



副反応は、以下のとおりである：



【0079】

20

工程説明

図20に示すように、汚染された排煙112は、電力発電システム110から排出される。この排煙は、選択的接触還元（SCR）サブシステム2170に流入する前に、他の大気汚染制御（APC）サブシステム122により処理されてもよい。さらに、排煙は、SCRから排出された後、又は煙突117から排出される前に、他のAPCサブシステム（図示されず）により処理されてもよい。流入する排煙中のNO_xは、1つ以上の分析器2003により測定される。NO_xが含まれた排煙2008は、アンモニア（NH₃）注入グリッド2050を通過する。アンモニア2061は、アンモニア/希釈空気ミキサー2070により希釈空気2081と混合される。混合物2071は、注入グリッド2050により排煙内に投入される。希釈空気送風機2080は、周囲空気152をミキサー2070に供給し、アンモニア保存及び供給のサブシステム2060は、アンモニアをミキサー2070に供給する。NO_xを含む排煙、アンモニア及び希釈空気2055は、SCR反応器2002内を通過してSCR触媒の上を通過する。SCR触媒は、NO_xとアンモニアが窒素及び水に還元される反応を促進する。NO_xが含まれていない排煙2008は、SCR反応器2002から排出され、潜在的に他のAPCサブシステム（図示されない）及び煙突117を通じてプラントから排出される。

30

【0080】

SCR反応器2002から排出されるNO_xが含まれていない排煙の流れ2008、又は煙突117には付加的なNO_x分析器2004がある。測定されたNO_x流出口値2111も、測定されたNO_x流入口値2112と合計してNO_xの除去効率2110を計算する。NO_xの除去効率は、排煙から除去される流入NO_xの割合で定義される。

40

【0081】

計算されたNO_xの除去効率2022は、アンモニア/希釈空気ミキサー2070及び最終的にはアンモニア注入グリッド2050に対するアンモニア流速設定点2021Aをリセットする調節制御システムに入力される。

【0082】

SCR工程制御

通常のSCR制御システムは、図20に示されるような段階的制御システムに依存している。内部PID制御器ループ2010は、ミキサー2070内に流れるアンモニア流れ2014を制御するのに使われる。外部のPID制御器ループ2020は、NO_x排出を

50

制御するのに使われる。操作者は、 NO_x 排出除去効率設定点 2031 を外部ループ 2020 に入力することを担当する。図 21 に示すように、セクター 2030 は、操作者が入力する設定点 2031 に対する上限制約 2032 を設定するのに使われる。また、制御器が負荷転換を適切に行うことができるようにするため、負荷用フィードフォワード信号 2221 (図 21 には示されていない) がしばしば使用される。このような実装形態では、負荷センサー 2009 が電力発電システム 110 の測定された負荷 2809 を生成する。この測定された負荷 2809 は、信号 2221 を生成する制御器 2220 に送られる。信号 2221 は、アンモニア流れ設定点 2021A を合計して調整されたアンモニア流れの設定点 2021B を形成し、これは、PID 制御器 2010 に送られる。PID 2010 は、設定点 2021B を測定されたアンモニア流れ 2012 と合計して、ミキサー 2070 に供給されるアンモニアの量を制御するアンモニア流れ VP 2011 を形成する。

10

【0083】

この制御器のメリットは、次のとおりである：

1. 標準制御器：SCR の製造業者及び触媒販売者により明示される要件を実施するために使われる単純な標準制御器の設計である。
2. DC S 基盤の制御器：構造は比較的単純で、装置の DC S で実行されることができ、機器及び触媒操作の要件を施行する最も安価な制御仕様である。

【0084】

SCR 操作の問題点：

多数の操作パラメータが SCR 操作に影響を及ぼす：

20

- ・流入 NO_x 負荷、
- ・ NO_x ：アンモニアの局所的モル比、
- ・排煙温度、及び
- ・触媒品質、利用可能性及び活性。

【0085】

図 20 の制御機器に関わる操作上の問題点には、以下のようなものがある：

1. アンモニアスリップの測定：アンモニアスリップを明示された制約内に維持することは、SCR の操作において非常に重要である。しかし、アンモニアスリップを計算しなかったり、あるいはオンライン測定を行わないこともしばしばである。アンモニアスリップの測定が利用可能であっても、制御ループに直接含まれない場合がある。このため、SCR 操作に最も重要な変数の 1 つが測定されない。

30

【0086】

SCR 操作の目的は、最小のアンモニア「スリップ」と、所望のレベルの NO_x 除去率を得ることである。アンモニアスリップは、 NO_x の含まれていない排煙流れの中で未反応アンモニアの量により定義される。アンモニアスリップのうちアンモニアの実際の量に関わる経済的コストは少ないが、アンモニアスリップの否定的な影響は大きい：

- ・アンモニアは、排煙中の SO_3 と反応して塩を形成することができる。これは、空気予備加熱器の熱伝達の表面上に沈着する。この塩が空気予備加熱器による熱伝達を低下させるだけでなく、灰を付着させて熱伝達をさらに低下させる。一定時点で空気予備加熱器の熱伝達は、予備加熱器が掃除（洗浄）のために作業から除去される時点まで低下する。最小限に、空気予備加熱器の水洗は、装置速度を低下させる結果となる。

40

・アンモニアもまた、触媒に吸収される（触媒はアンモニアスポンジであってもよい）。排煙/ NO_x 負荷の急激な減少は、異常に高い短期アンモニアスリップをもたらすことがある。これは、単に一時的な状態であり、通常の制御システムの範囲外である。特性上、一時的ではあるが、このスリップされたアンモニアは依然として SO_3 と結合し、塩が空気予備加熱器に沈着する；短期間ではあっても、動的な一時現象は、空気予備加熱器上に塩層を多く蓄積（及び飛散灰の付着を促進）する可能性がある。

・アンモニアは、大気汚染物質として定義される。アンモニアスリップが非常に少量であっても、アンモニアは臭いが非常に強いため、比較的微量でも地域社会で臭いの問題を発生させることがある。

50

・アンモニアは、飛散灰に吸収される。飛散灰中のアンモニア濃度が大きすぎる場合、飛散灰の廃棄にかかるコストが増加する。

【 0 0 8 7 】

2 . NO_x 除去効率の設定点：アンモニアスリップの測定を行わない場合、 NO_x 除去効率の設定点 2 0 3 1 は、アンモニアスリップをスリップ制限よりはるかに下に維持するために、操作者 / エンジニアリングスタッフによりしばしば控え目に設定される。 NO_x の設定点を控え目に選択することで、操作者 / エンジニアらは、SCR 全体の除去効率を低下させる。 NO_x 除去効率のための控え目な設定点は、アンモニアスリップ制限を犯さないことを保障することはできるものの、システムがアンモニアスリップ制限いっぱい動作する場合、可能な効率範囲よりも効率が低くなることもある。

10

【 0 0 8 8 】

3 . SCR に対する温度効果：標準制御システムでは、SCR 流入ガス温度を制御する試みが行われないことが明らかである。一般的に、気体の温度を保障する一部の方法は、施行される許容可能な限界内であり、温度が最小限度未満であればアンモニア注入を防止する。大半の場合、温度を実際に制御したり、あるいは最適化しようとする試みはない。また、温度を基にしたり、あるいは温度プロファイルを基にする NO_x 設定点の変更は行われない。

【 0 0 8 9 】

4 . NO_x 及び速度プロファイル：ボイラー動作及び配管は、SCR の表面を通じた NO_x の非均一分布に寄与する。最小のアンモニアスリップのために、 NO_x : アンモニアの割合を制御する必要がある、均一な混合がない場合、この制御は高いアンモニアスリップ部分を避けるための局所的なものでなければならない。残念ながら、 NO_x 分布プロファイルは、配管だけの関数ではなく、ボイラー操作の関数でもある。従って、ボイラー操作の変更は、 NO_x の分布に影響を及ぼす。標準制御器は、SCR に対する NO_x 流入及び速度プロファイルが大半均一でなかったり、あるいは安定しないことを考慮しない。これは、他の区域の試薬量を適切に保障するために、配管断面の一部で試薬の過量注入をもたらす。その結果、所与の NO_x 除去効率に対してアンモニアスリップが増加するようになる。同様に、操作者 / エンジニアスタッフは、しばしば NO_x 設定点を下げることでより分布異常に対応する。

20

【 0 0 9 0 】

NO_x 流入口及び流出口分析器 (2 0 0 3 及び 2 0 0 4) は、単一分析器であってもよく、分析隊列の一部形態であってもよいことが理解できる。平均 NO_x 濃度の他にも、複数の分析値が NO_x 分布 / プロファイルに対する情報を提供する。付加的 NO_x 分布情報のメリットを取るためには、アンモニア流れを局所的 NO_x 濃度により近接させるように一致させるため注入グリッドの相異なる領域中の総アンモニア流れを動的に分布させるには、複数のアンモニア流れ制御器 2 0 1 0 及び少しの工夫が必要である。

30

【 0 0 9 1 】

5 . 動的制御：さらに標準制御器は、効果的な動的制御の提供に失敗する。すなわち、SCR に対する流入口の条件が変化してアンモニア注入速度の調整が必要な場合、 NO_x 還元効率のフィードバック制御がこの工程変数における著しい逸脱を防止できる可能性は低い。速い負荷の一時的変化及び工程時間の遅延は、動的なイベントとして相当の工程逸脱を起こす場合がある。

40

【 0 0 9 2 】

6 . 触媒の衰退：触媒は時間が経つにつれて衰退し、SCR の除去効率を低下させ、アンモニアスリップを増加させる。制御システムは、 NO_x 除去率を最大化するために、このような低下を考慮しなければならない。

【 0 0 9 3 】

7 . 連続平均排出：複数の規制排出許容値は、瞬間的、そして連続平均排出限界の一部形態の両方を提供する。動的工程の逸脱を許容するためには、モーメント排出限界が連続平均限界より高い；モーメント排出限界における持続した稼働は、連続平均限界の違反を

50

もたらず。連続平均排出限界は、ある移動する、又は経過する時間窓に対するモーメント排出値の平均である。時間窓は、1時間程度短かったり、1年程度長くともよい。一部の典型的な時間窓は、1時間、3時間、24時間、1ヶ月及び1年である。連続平均の自動制御は、標準制御器内で考慮されない。大半のNOx排出許容値は、領域別の8時間連続平均の周囲空気NOx濃度限界で制限されている。

【0094】

操作者は、通常、SCRに対する所望のNOx除去効率の設定点2031を設定し、飛散灰からの稀なサンプル情報を基にして少しの調整を行う。負荷の一時的変化におけるSCRの動的制御を改善したり、SCRの操作を最適化するための努力は少ない。最適なモーメント、及び可能であれば連続平均NOx除去効率を選択することもまたWFGDの最適操作に関わりのあるものと類似の営業、規制/クレジット、及び工程問題のため解決が難しい問題である。

10

【0095】

その他のAPC工程は、以下のようなものと関連した問題点を有する：

- ・工程の動的操作の制御/最適化、
- ・副産物/共生成物の品質の制御、
- ・連続平均排出の制御、及び
- ・APC資産の最適化。

【0096】

他の工程におけるこのような問題点は、WFGD及びSCRに対する上記で詳述したものと同様である。

20

【発明の開示】

【0097】

本発明によれば、制御機が汚染物質の排出を制御する工程を行う大気汚染制御(APC)システムの稼動を指示する。前記工程は、複数の工程パラメータ(MPP)を含む。MPPのうちの1つ以上は、制御可能な工程パラメータ(CTPP)であり、MPPのうちの1つは、前記システムにより排出される汚染物質(AOP)の量である。

【0098】

入力装置が最適化目的を判別するように、例えば排出されたAOPを最小化したり、システムの挿入配列を最小化するように設定される。前記入力装置は、例えばユーザー入力装置であるキーボード又はマウス、もしくはその他の種の入力装置として通信ネットワークを介してポートに接続されるネットワークサーバであってもよい。

30

【0099】

前記制御機は制御演算装置を有し、これはパーソナルコンピュータ(PC)又はその他の種の電算装置の形態又は部分形態であってもよい。制御工程は、時々多変数工程制御機の一部として呼ばれることもある。前記制御機は、MPPの現在値に基づいて、つまり現在MPPのうちの1つ以上を基にしてCTTPのうちの少なくとも1つのための設定点を決める論理、例えばソフトウェア試験プログラミング又は他の種のプログラム論理、及び前記判別された最適化目的を有するように設定される。前記制御機は、次いで前記CTTPのために決定された設定点に従って1つのCTTPの制御を指示する。

40

【0100】

本発明の特徴によれば、前記制御機は、CTPP各々と排出されたAOPとの関係を示す神経回路網工程モデル又は非神経回路網工程モデルのうちの1つを含み、前記制御演算装置は、前記1つのモデルに基づいて設定点を決める。用いられるモデルは、第1原理モデル、ハイブリッドモデル又は回帰モデルを含んでもよい。

【0101】

通常、前記工程は、排出されたAOPの実際値に対する目的又は限界を示す定義されたAOP値(AOPV)を有する。前記実際値は、測定されたものであるか、計算されたものであってもよいことが分かる。AOPVは、例えば排出されたAOPの実際値に対する規制制約、例えば排出されたAOPのモーメント又は平均値に対する限界、もしくはその

50

他の種の目的又は限界であってもよい。AOPVが定義されれば、判別された最適化目的は、排出されたAOPをAOPV未満のレベルに維持することができる。もし最適化目的が、排出されたAOPをAOPV未満の明示された量に、あるいは明示された範囲内に維持することである場合には、制御演算装置はさらにAOPVに対する設定点を決めるようになる。すなわち、各々の設定点を決めるときに、MPPの現在値、判別された最適化目的及びAOPVが考慮される。

【0102】

一部のAPC工程の実行により生産される副産物、例えば石膏を生成することが分かる。その場合に判別された最適化目的は、生産された副産物の品質を安定化したり、最大化したり、あるいは最小化することであってもよい。副産物が生産される場合、MPPのうちの1つは、生産された副産物の品質(QPP)であってもよく、工程は、QPPの実際の品質に対する限界を示す定義されたQPP値(QPPV)、例えば最小量の値を有してもよく、判別された最適化目的は、QPPをQPPVのレベルに、それ以上又は以下のレベルに維持することであってもよい。しかし、判別された最適化目的が、QPPをQPPVに対して一定のレベルに維持することであるか否かに関係なく、有利に前記制御演算装置は、QPPVに基づいて設定点を決めるようになる。すなわち、QPPを含むMPPの現在値、判別された最適化目的、及びQPPVは各設定点を決めるときに考慮される。

10

【0103】

例えば、システムは、SO₂含有湿潤排煙を受容し、石灰石スラリーを適用して受容されたSO₂含有湿潤排煙からSO₂を除去することによりSO₂の排出を制御し、脱硫された排煙を排出する湿式排煙脱硫(WFGD)システムであってもよい。その場合、AOPは排出された脱硫排煙中のSO₂の量になり、MPPは通常適用された石灰石スラリーのpHに相応する第1パラメータ、及び石灰石の分布に相応する第2パラメータを含み、前記パラメータのうちの1つ又は両方はまたCTPPになることができる。当業者には公知であるが、石灰石スラリーのpHは、測定されたり計算されたpH値及び/又は適用されたスラリーの量に相応する値で表示されることができる。前記分布は、しばしばポンプ配列(pump line-up)で特徴付けられるものとして示され、一般的には、スラリーがポンプ注入される吸収機内のレベルに関するものである。

20

【0104】

設定点は、例えば排出された排煙中のSO₂の量を最小化するために、このようなパラメータのうちの1つに対して、(i)そのパラメータの現在値、(ii)排出された脱硫排煙中のSO₂の量、及び(iii)判別された最適化目的に従って決定されてもよい。制御演算装置は、次いで判別された最適化目的のためのWFGDシステム稼動を最適化するために、そのパラメータのために決められた設定点に基づいて前記1つのパラメータの制御を指示する。前記言及された決められた設定点は、複数の決められた決設定点のうちの1つであり得ることを理解する必要がある。例えば、第1及び第2パラメータの両方のための設定点が決定されてもよく、1つ以上のパラメータの制御は、判別された最適化目的のためのWFGDシステム稼動を最適化するために決定された設定点に従って指示される。

30

【0105】

一般的に、WFGDシステムは、受容されたSO₂含有湿潤排煙から除去されたSO₂を結晶化する酸化空気を適用することにより、受容されたSO₂含有湿潤排煙からSO₂の除去の副産物として石膏を生産する。従って、MPPは一般的に適用された酸化空気の量に相応する第3のパラメータをさらに含むが、これはまた別のCTPPであってもよい。その場合、このパラメータのための設定点は、又は代替的に、石膏副産物の品質を特定のレベルに、又は特定の範囲内に増加させるため、(i)その現在値、(ii)排出された脱硫排煙中のSO₂の量、及び(iii)判別された最適化目的に従って決定することができる。制御演算装置は、次いで前記判別された最適化目的のためのWFGDシステム稼動を最適化するために前記パラメータの制御を、その決定された設定点に従って指示することもできる。

40

50

【 0 1 0 6 】

一方、前記システムは、 NO_x 含有排煙を受容し、アンモニア及び希釈空気を適用して受容された NO_x 含有排煙から NO_x を除去することにより NO_x の排出を制御し、 NO_x 排煙の排出を減少させる選択的接触還元（SCR）システムであってもよい。この場合、AOPは、排出された排煙中の NO_x の量であり、MPPは適用されたアンモニアの量に相応するパラメータを含むようになる。このパラメータは、一般的にCTPPである。従って、制御演算装置は、このパラメータのための設定点を、（i）その現在値、（ii）排出された排煙中の NO_x の量、及び（iii）判別された最適化目的に従って決定することができ、前記判別された最適化目的のためのSCRシステム稼動を最適化するために前記パラメータの制御を、前記決められた設定点に従って指示することができる。また、SCR工程のMPPは、通常、排出された排煙中のアンモニアの量を含み、これにより制御演算装置は、所望の場合、適用されたアンモニアの量に相応するパラメータのための設定点を、排出された排煙中のアンモニアの量の現在値に基づいて決めてもよいことが分かる。

10

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 1 0 7 】

証明されるように、WFGD及び類似のサブシステムの效率的かつ効果的な操作は、以前よりさらに複雑になった。また、このような複雑性は、付加的な競争圧力及び付加的な汚染物質規制とともにこれからも増加していくことが予想される。一般的な工程制御計画及び技法は、このような複雑性を取り扱うことができないため、前記のような操作の最適制御は不可能である。

20

【 0 1 0 8 】

サブシステムの有用な作動寿命の過程で力動的に変化して来たビジネス環境において、任意の所与の時点におけるサブシステム操作の商業的価値を最大化することが好ましい。このような資産の最適化は、通常の工程制御戦略では考慮されない要因に基づいて行われる。例えば、規制クレジットを売買するためのマーケットが存在するビジネス環境では、效率的なサブシステムの操作は、付加的な規制クレジットが生成され、サブシステムの価値を最大化して販売できるように、しかし、このようなクレジットを生成するのにかかる付加的な稼動コストは許容しないように指示することができる。

【 0 1 0 9 】

30

従って、 SO_2 吸収の最大化、稼動コストの最小化、及び副産物の品質規定の充足という単純な計画よりは、より複雑な計画を用いて、 SO_2 吸収が最大化したか、稼動コストが最小化したか、又は副産物の品質規定が満たされたかに関係なく、サブシステム操作を最適化することができる。また、サブシステムの制御を実質的に向上させるために、ツールのみ提供されるのではなく、例えば向上したサブシステムの制御は完全自動化することができる。従って、操作を自動化し、操作パラメータ及び制約に対してのみ最適化するのではなく、ビジネス環境に対しても最適化することができる。生成された規制クレジットのマーケット価値がそのようなクレジットを発生させるためのサブシステムの付加的稼動コストより少ない場合には、サブシステムは、規制許容レベルに非常に近接するように、又は正確にそのレベルで動作するように自動的に制御されてもよい。しかし、発生した規制クレジットのマーケット価値がそのようなクレジットを発生させるためのサブシステムの付加的稼動コストよりも大きい場合には、そのような操作を調整して規制許容レベル以下で動作し、これにより規制クレジットを発生するように前記のような操作を調整するために自動的に制御されてもよい。実際に、自動化された制御は、サブシステムが限界ドルの価値以下、つまり排出クレジットの価値がそのようなクレジットを生成するための処理コストと等しくなる価値まで、可能な限り多くの SO_2 を除去する動作を行うように指示することができる。

40

【 0 1 1 0 】

要約すると、WFGD及び類似のサブシステムの最適化された動作は、複雑な工程及び規制要素のみならず、複雑なビジネス要素、及びこのような様々な種類の要素中の動的変

50

化についても考慮する必要がある。最適化は局所的、例えば複数のW F G D 処理装置のうちの1つがオフラインになること、及び/又は領域的、例えばW F G D 処理装置のまた他の個体が前記オフラインになる領域内で作動すること、又はさらに全般的なビジネス要素を考慮することが必要である。例えば、長期及び短期S O₂ 規制クレジットの広範囲で動的に変化するマーケット価格もまた操作を最適化するときにも考慮する必要がある場合もある。

【0111】

従って、制御は、好ましくはS O₂ 除去を最小化したり、規制許容値に符合したり、又は最大のS O₂ 除去率に符合するように操作を調整できなければならない。このような調整を果たす能力は、サブシステムの所有者に対して、規制クレジットでの動的変化のメリットを取り、1つのサブシステムを使用してまた他のサブシステムによる許容外範囲の操作から脱離させるクレジットを発生させたり、また他のサブシステム所有者の、そのサブシステムの許容外範囲の操作から脱離させる規制クレジットを購入することのメリットを取るようにする。また、前記制御は、好ましくは、追加的規制クレジットの発生がもはや有益ではなくなった場合には、すぐに操作を再び調整できなければならない。すなわち、制御システムは、機器、工程、規制及びビジネス制約の支配下にあるA P C 資産の稼動を持続的に最適化する必要がある。

10

【0112】

石膏副産物の所要の純度を超過しなければならない動機がないため、制御は好ましくは、石膏副産物の品質を石膏品質の仕様又は他の販売制約と一致させる操作の最適化を容易にしなければならない。最適化された制御は、所望のS O₂ 吸収レベル、及び石膏生産の要件の観点からO₂ レベルを調整する作用を予想して指示することにより、石灰石の沈床の防止を容易にしなければならない。

20

【0113】

上記のように、排出を連続平均値で制御することは複雑な問題である。これは、少なくとも部分的には、連続平均の時間窓が常に前に移動し、任意の所与の時点では複数個の時間窓がアクティブになるからである。一般的に、アクティブな時間窓は、所与の時点から過去の時間まで延長され、その他の活アクティブな時間窓は、所与の時点から未来の時点まで延長される。

【0114】

連続平均排出の管理は、連続平均の時間窓の間のすべての排出の統合を要求する。従って、排出を連続平均目標に対して最適化することは、実際過去排出及び予想される未来排出又は稼動計画をアクティブな時間窓すべてに対して考慮するモーメント排出目標が選択されなければならないことを要求する。

30

【0115】

例えば、4時間の連続平均の最適化は、複数の時間窓の検査を必要とするが、その第1は、過去に3時間59分に開始して現在時点で終了し、その中で最後は、現在時点で開始し、未来の4時間後に終了する。各時間窓の1分解像度としては、このような比較的短い4時間連続平均の最適化が479時間窓の制約を満たすモーメント目標を選択することを含む。

40

【0116】

単一の統合時間窓のために連続平均排出目標を決めることは、まず前記統合された時間窓における過去排出の合計を計算した後、例えば前記単一統合時間窓の間に平均排出をもたらず、前記単一統合時間窓の残りに対する未来排出速度が連続平均限界であるか、その未満になると予測することを含む。未来排出は現在時点で開始する。しかし、正確にするためには、未来排出はさらに前記単一統合時間窓の残りの時間の間の稼動からの排出の予測を含まなければならない。

【0117】

時間窓が長くなるほど、未来排出を予測することはさらに難しくなる。例えば、次の数時間における稼動からの排出は、相当正確に予測されることができが、次の11ヶ月間

50

における稼働からの排出は予測することがさらに難しくなる。その理由は、季節的変動及び計画された稼働停止等の要因が考慮されなければならないためである。さらに、計画されない稼働停止又はサブシステムにかかる用量限界に対する安全マージンを付加する必要がある場合もある。

【0118】

従って、WFGD工程を最適化するためには、例えば工程を操作制約内に維持しながら、稼働コストを最小化し、かつ、SO₂除去率を最大化するためには、WFGD工程に対する最適な設定点を自動的に決めなければならない。

【0119】

次の本発明の実施形態では、モデルベースの多変数予測制御(MPC)アプローチを用いてWFGD工程の最適な制御を提供する。一般に、MPC技術は、工程の多重入力、多重出力の動的制御を提供する。当業者に理解されるように、MPC技術は、1970年代の後半に開発された。前記分野の技術的進歩は今日まで続いている。MPCは、複数のモデルベースの制御技法又は方法を含む。このような方法は、制御エンジニアが複雑で相互作用的な動的工程を、従来のPIDタイプのフィードバック制御システムに対して可能なよりも一段と効果的に取り扱うことができるようにする。

10

【0120】

MPC技法は、線形及び非線形工程の両方を制御することができる。すべてのMPCシステムは、明らかに未来に対する工程の動きを予測するために動的モデルを用いる。これにより、特定制御作用が目的関数の最小化のために計算される。最終的に、各時間増分で区間が未来に向けて1回増分だけ移動する移動区間(receding horizon)が実行される。また、各増分では、その段階で計算される順序の制御作用に相応する第1制御信号の適用が行われる。一般化予測制御(GPC)、動的マトリックス制御(DMC)及びペガサスパワーパーフェクタ(Pegasus' Power Perfector(登録商標))等の、制御エンジニアが入手できる複数の商用プログラムがある。Comancho及びBordonsは、モデル予測制御(ロンドンスプリング発行、1999)でMPCの主題に対する立派な概観を提供する一方、Lennart Ljungのシステム識別、ユーザーのための理論(Prentice-Hall出版社、第2版、1999)は、MPCを実際実施する必要がある工程の動的モデリングに関する最高の著書である。

20

【0121】

MPC技術は大半、DCSにより実施される基本的な土台になる調整管理(regulatory control)を代替するよりは、操作者により普通行われる稼働の実行を監督する方式で使用される。MPC技術は、工程に対して最適な設定点を提供するために、数学的技法を用いて競争的な目標及び工程制約のバランスを自動的にとることができる。

30

【0122】

一般的にMPCは、次のような特徴を有する。

【0123】

動的モデル：予測のための動的モデル、例えば非線形動的モデル。このモデルは、工程のパラメトリック及び段階的試験を用いて簡単に展開される。動的モデルの高品質が優れた最適化及び制御実行のためのカギになる。

40

【0124】

動的判断：工程動力学、又は工程が経時的にどのように変化するかはプラントの段階的試験を用いて判断される。このような段階的試験を基にして、最適化-基盤アルゴリズムを使用してプラントの動力学を判断する。

【0125】

定常状態の最適化：定常状態の最適化により工程のための最適な作動起点を検出する。

【0126】

動的制御：動的制御器を使用して定常状態の解決策を起点とする最適な制御手段を計算する。制御手段は、最適化により計算される。前記最適化は、1セットの制約の支配を受けるユーザー明示のコスト関数を最小化するために使われる。コスト関数は、工程の動的

50

モデルを用いて計算される。前記モデル、コスト関数及び制約を基にして、工程の最適な制御手段が計算されることができる。

【0127】

動的フィードバック：MPC制御器は、動的フィードバックを用いてモデルをアップデートする。フィードバックを用いることで、干渉効果、モデル不一致及びセンサーノイズが著しく低減することができる。

【0128】

発展した調整の特徴：MPC制御器は、完璧なセットの調整能力を提供する。操作変数に対しては、ユーザーが所望する値及び係数、移動ペナルティー係数、下限値及び上限値、制約変化率、及び上限及び下限の遵守制約（hard constraint）を設定することができる。また、ユーザーは、定常状態の最適化の出力値を用いて操作変数の所望値を設定することができる。制御変数に対しては、ユーザーが所望値及び係数、誤差加重、限界、優先化された遵守及び軌跡集中制約（trajectory funnel constraint）を設定することができる。

10

【0129】

シミュレーション環境：オフラインのシミュレーション環境が制御器の初期試験及び調整のために提供される。シミュレーション環境は、モデル不一致及び干渉拒否能力の捜査を可能にする。

【0130】

オンラインシステム：MPC制御アルゴリズムは、好ましくは、標準商用オペレーティングシステム上で実行できる標準化ソフトウェアのサーバーで行われる。前記サーバーは、標準化インタフェースを介してDCSに接続する。エンジニア及び操作者は、グラフィックユーザーインタフェース（GUI）を使用してMPCアルゴリズムの出力値の予測を有利に行うことができる。

20

【0131】

堅固な誤差の取り扱い：ユーザーは、MPCアルゴリズムが入力値及び出力値における誤差にどのように対応すべきかを明示する。制御器は、主要変数に誤差が発生した場合、動作が止められたり、過去の最新の良好な値が非重要変数として使用されることがある。誤差を適切に取り扱うことにより、制御器の実時間動作が最大化されることができる。

30

【0132】

仮想オンライン分析器：工程変数の直接的な測定が利用できない場合には、環境がソフトウェア基盤の仮想オンライン分析器（VOA）を行うためのインフラを提供する。このようなMPCツールを使用して、所望の工程変数のモデルが、適切な場合、実験室データを含むプラントの履歴データを用いて展開することができる。前記モデルは、次いでリアルタイムの工程変数として供給され、リアルタイムで測定されない工程変数を予測することができる。このような予測は、モデル予測制御器に使用されてもよい。

【0133】

WFGD工程の最適化

以下で説明するように、本発明によれば、SO₂除去効率を向上させることができる。すなわち、要求されたり望まれる制約、例えば石膏純度制約、モーメント排出限界及び連続排出限界を満たすとともに、装置からのSO₂除去率が最大化及び/又は最適化されることができる。また、稼動コストも代替的に最小化及び最適化されることができる。例えば、WFGDに対する排煙負荷が減少する場合、スラリーポンプを自動的にオフさせることができる。さらに、酸化空気流れ及びSO₂除去率も、代替的に石灰石の沈床条件を防止するために動的に調整されてもよい。本願発明に示されるMPC制御器を用いて、WFGD工程が制約にさらに近接するように管理することが可能であり、一般的に制御されるWFGD工程に比べて向上した性能を達成することができる。

40

【0134】

図5A及び図5Bでは、WFGDの制約ボックスを500及び550で示す。図示するように、工程及び装置制約（505～520）を判断し、複数の独立的な変数（MV）と

50

判断された制約間の工程基盤の定常状態の関係、つまり独立的 / 制御された変数を用いることにより、前記制約を M V の側面から共通の「空間」に位置させることができる。この空間は、実際に、 n が問題内の自由度の個数又は操作された M V の個数と同じ n - 次元の空間である。しかし、例示の目的として 2 つの自由度、つまり 2 つの M V があると仮定する場合には、システム制約及び関係を 2 次元 (X - Y) プロットを用いて表すことができる。

【 0 1 3 5 】

好ましくは、前記工程及び装置制約は、実行可能な稼動 5 2 5 の領域で示された、空ではない解決空間の境界を形成する。この空間内の任意の解決策は、W F G D サブシステム上の制約を満足することになる。

10

【 0 1 3 6 】

すべての W F G D サブシステムは、ある程度の可変性を示す。図 5 A を参照すれば、典型的な通常の運営計画は、正常の W F G D サブシステムの可変性を実行可能な解決空間 5 2 5 の安全域 5 3 0 内に安全に位置させることであって、これは一般的に安全な操作を保障する。操作を安全域 5 3 0 内に維持することは、操作を実行不可能 / 好ましくない稼動区域から遠く、つまり実行可能な領域 5 2 5 以外の区域から遠くに維持することである。通常、分布制御システム (D C S) のアラームは、作動者に当該問題を知らせるために測定可能な制約の限界として、又はその近傍として設定する。

【 0 1 3 7 】

実行可能な空間 5 2 5 内のいずれの地点でもシステム制約 (5 0 5 ~ 5 2 0) を満足させることは事実であるが、実行可能な空間 5 2 5 内の互いに相異なる地点が、同一の稼動コスト、 SO_2 吸収効率又は石膏副産物の生産能力を有するものではない。利益、 SO_2 吸収効率又は石膏副産物の生産 / 品質の最大化、又はコストを最小化のためには、実行可能な空間 5 2 5 内の稼動のため経済的に最適な地点を判別することが必要である。

20

【 0 1 3 8 】

本発明によれば、工程変数、及びこれら変数の値を維持したり変更させるコスト又は利益は、例えば利益を示す目的関数を生成するのに使用されてもよいが、この目的関数は、一部の場合にはマイナスコストとして認められてもよい。図 5 B に示すように、線形の 2 次、又は非線形プログラミング解決技法を用いれば、以下にさらに記載されるような最適な実行可能な解決点 5 5 5、例えば実行可能な稼動 5 2 5 の区域内の最小コスト又は最大利益の解決点を判別することができる。制約及び / 又はコストはいつでも変わることができるため、リアルタイムで、例えば M P C 制御器が実行される度に、最適な実行可能な解決点 5 5 5 を再度判別することが好ましい。

30

【 0 1 3 9 】

従って、本発明は、安全域 5 3 0 内の通常の稼動地点から最適な稼動地点 5 5 5 に、及びコストの制約に変化が発生する場合には最適な稼動地点 5 5 5 からまた他の最適な稼動地点に工程操作の自動目標の再設定を容易にする。一旦最適な地点が決まれば、工程を最適な稼動地点に移動させる M V 値に必要な変更を計算する。これらの新しい M V 値が目標値になる。目標値は、定常状態値であり、工程動力学を考慮しない。しかし、工程を安全に移動させるためには、工程動力学を制御し、かつ管理する必要がある、これは次のテーマになる。

40

【 0 1 4 0 】

工程を以前の稼動地点から新しい最適な稼動地点に移動させるためには、予測工程モデル、フィードバック及び高頻度の実行が適用される。M P C 技法を用いて、動的経路又は制御変数 (C V) の軌跡を予測する。この予測を使用し、操作された M V 調整値を現時点のみならず未来、例えば短期的未来に対しても管理することで、C V の動的経路を管理することができる。C V に対する新しい目標値は計算されることができる。これにより、所望の計画対象期間における動的誤差も、C V に対する予測された経路と新しい C V 目標値の間の差として計算されることができる。再度、最適化理論を用いて誤差を最小化する最適経路が計算されることができる。実際にエンジニアは、好ましくは、一部の C V が他の

50

ものよりさらに厳しく制御されるように誤差に加重値を与えることができる。また、予測工程のモデルは、1つの稼働地点から次の地点への経路又は軌跡の制御を許容し、これにより新しい最適稼働地点に移動する間の動的問題を避けることができる。

【0141】

要約すると、本発明は、所望の結果はほぼいずれでも得ることができるように工程を最適化する必要があり、実行可能な稼働区域525内のほぼいずれの地点でも稼働が行われるようにする。すなわち、目的が最低可能な排出、副産物の最高品質又は最大量、最低の稼働コストなど、どのような結果をもたらすものであっても工程を最適化することができる。

【0142】

最適に稼働地点555に密接に接近するために、MPCは好ましくは、小さな偏差が制約違反を起こさないように工程可変性を低下させる。例えば、予測工程モデル、フィードバック、及び高頻度の実行の使用を通じて、MPCは制御された工程の工程可変性を著しく低下させることができる。

【0143】

定常状態及び動的モデル

上述したように、MPC制御器のために定常状態及び動的モデルが使用される。以下ではこれらのモデルについてより詳細に説明する。

【0144】

定常状態モデル：特定セットの入力値のための工程の定常状態は、関連する工程値のセットにより説明されるものであって、入力値の以前値は、状態にそれ以上影響を及ぼさないようにすべての入力値が長期間一定に維持される場合に工程が達成する状態である。WFGDに関しては、工程装置の結晶化器内での大容量、そして比較的遅い反応により定常状態まで行く時間が通常48時間程度である。定常状態モデルは、工程入力値のセットに対する定常状態に関わる工程値を予測するときに使われる。

【0145】

第1原理の定常状態のモデル：定常状態モデルを展開するための1つのアプローチは、工程のエンジニアリング知識を基にして誘導される一連の等式を利用するのである。この等式は、工程入力値と出力値との間の既知の根本的な関係を示すことができる。既知の物理的、化学的、電気的及びエンジニアリング等式を用いてこの一連の等式を誘導することができる。このモデルは、既知の原理を基にしているため第1原理モデルと呼ぶ。

【0146】

大半の工程は、本来第1原理技法及びモデルを使用して考案されている。このモデルは一般に、図5Aを参照して上述したような安全域内の安全な稼働を提供するのに十分な精度がある。しかし、非常に正確な第1原理基本モデルを提供することは、しばしば時間が長くかかり、コストが多くかかる。また、知られていない影響が第1原理モデルの精度に相当な影響を与える。従って、非常に正確な定常状態モデルを展開するために、代替としてアプローチがしばしば使用されている。

【0147】

経験的モデル：経験的モデルは、工程で収集された実際データを基にする。経験的モデルは、モデル入力値と出力値との間の関係を決めるために、データ回帰法を用いて展開される。しばしばデータは、個別入力値が出力値に対するその影響を記録するために移動される一連のプラント試験で収集される。このようなプラント試験は、経験的モデルのために十分なデータを収集するために、数日又は数週間がかかることもある。

【0148】

線形経験的モデル：線形経験的モデルは、線又は高次元では面を一定セットの入力及び出力データに適合させることにより生成される。このようなモデルを適合させるためのアルゴリズムは容易に入手低可能であり、例えばエクセル(Excel)は、線を経験的データセットに適合させるための回帰法アルゴリズムを提供する。

【0149】

10

20

30

40

50

神経回路網モデル：神経回路網モデルは、また他の形態の経験的モデルである。神経回路網は、線より複雑な曲線が経験的データセットに適合するようにする。神経回路網モデルに対する構造及び訓練アルゴリズムに対する生物学的アイデアを基にする。神経回路網は、ニューロンの基本的機能性をモデルとするノードで構成される。前記ノードは、脳内のニューロン間の基本的相互作用をモデルとする加重値により連結される。前記加重値は、脳内の学習能力を真似た訓練アルゴリズムを使用して設定される。神経回路網基盤モデルを用いる場合、線形経験的モデルを使用して達成できるものよりはるかに豊富で複雑なモデルを展開することができる。入力値（ X ）と出力値（ Y ）との間の工程関係は、神経回路網モデルを用いて表すことができる。ここでの神経回路網又は神経回路網モデルに関する記載は、神経回路網基盤の工程モデルとして理解されなければならない。

10

【0150】

ハイブリッドモデル：ハイブリッドモデルは、第1原理又は公知の関係及び経験的关系からの要素の組合わせを含む。例えば、 X と Y 間の関係の形態は知られてもよい（第1原理要素）。前記関係又は等式は、いくつかの定数を含む。これら定数の一部は、第1原理知識を用いて求めることができる。その他の定数は、第1原理から求めることが非常に難しいか、コストが多くかかる。しかし、 X 及び Y に対する実際の工程データ及び第1原理知識を用いて未知定数のための値を求める回帰法問題を構築するのは比較的簡単で安価である。これら未知定数は、ハイブリッドモデルで経験的/回帰要素を示す。回帰法は、経験的モデルより規模はるかに小さく、ハイブリッドモデルの経験的性質はるかに少ないが、その理由は、前記モデル形態及び定数の一部が物理的关系を支配する第1原理を基にして固定されているためである。

20

【0151】

動的モデル：動的モデルは、出力値に対する入力値の経時的変化の効果を示す。定常状態のモデルは、単に工程の最終休止状態を予測するために使われる一方、動的モデルは、1つの定常状態からまた他の定常状態に移動する経路を予測するときに使われる。動的モデルは、第1原理知識、経験的データ又はこの2つの組合わせにより展開されてもよい。しかし、大半の場合、モデルは工程の状態に影響を及ぼす重要変数の一連の段階的試験から収集された経験的データにより展開される。

【0152】

ペガサスパワーパーフェクトモデル：大半のMPC制御器は、線形経験的モデルの使用を許容するのみである。すなわち、前記モデルは、線形経験的定常状態モデル及び線形経験的動的モデルで構成される。ペガサスパワーパーフェクト（登録商標）は、線形、非線形、経験的及び第1原理モデルが組合わせられて制御器で使用される最終モデルを生成するようにし、従ってMPCを行うときに好ましく使われる。ペガサスパワーパーフェクトのための最終モデルを生成するために、異なる種類のモデルを組み合わせる1つのアルゴリズムが米国特許第5,933,345号に開示されている。

30

【0153】

WFGDのサブシステム構造

図6は、モデル予測制御が伴うWFGDのサブシステム構造の機能的ブロック線図である。制御器610は、WFGD工程620の操作されたMV615、例えばpH及び酸化空気のためのリアルタイム設定点を計算するのに必要な論理を組み込んでいる。制御器610は、このような計算値の根拠を観察された工程変数(OPV)625、例えばMVの状態、干渉変数(DV)及び制御された変数(CV)に置く。また、通常1つ以上の調整パラメータを有する基準値(RV)640のセットも操作されたMV615の設定点を計算するときに使われる。

40

【0154】

好ましくは、仮想のオンライン分析器(VOA)である推定機630は、推定された工程変数(EPV)635を生成するのに必要な論理を含んでいる。EPVは、通常、正確に測定されることができない工程変数である。

【0155】

50

推定機 630 は、前記論理を実行し、OPV の現在及び過去値を基にする WFGD 工程の EPV の稼動状態をリアルタイムで推定する。OVP は、DCS 工程測定値及び / 又は実験室の測定値の両方を含むことができることが分かる。例えば、言及されたように、石膏の純度は、実験室の測定値に基づいて測定されてもよい。推定機 630 は、様々な種類の WFGD の工程問題に対するアラームを好適に提供する。

【0156】

制御器 610 及び推定機 630 の論理はソフトウェアにより、もしくは他の方式で実行されることができる。当業者に公知であるが、必要な場合には、制御器及び推定機が単一コンピュータ工程内で容易に実行されることが可能である。

【0157】

モデル予測制御の制御器 (MPC C)

図 6 の制御器 610 は、好ましくは、モデル予測制御器 (MPC C) を用いて実行される。MPC C は、WFGD 工程のリアルタイムの多重入力、多重出力の動的制御を提供する。MPC C は、観察されて推定された PV 値 (625 及び 635) を基にする MV セットに対する設定点を計算する。WFGD MPC C は、以下により測定されるそのような値のうち、任意値、もしくは任意値又はすべての組み合わせを使用することができる：

- ・ pH プロブ
- ・ スラリー密度センサー
- ・ 温度センサー
- ・ 酸化還元可能性 (ORP) センサー
- ・ 吸収器レベルセンサー
- ・ SO₂ 流入口及び流出口 / 連通センサー
- ・ 流入口排煙速度センサー
- ・ 吸収器の化学 (Cl、Mg、F1) の実験室分析
- ・ 石膏純度の実験室分析
- ・ 石灰石粉砕物及び純度の実験室分析

【0158】

さらに、WFGD MPC C は、下記のことを制御するために計算された設定点のうちの任意のもの、もしくは、任意のもの又はすべての組み合わせを使用することができる：

- ・ 石灰石供給器
- ・ 石灰石粉砕機
- ・ 石灰石スラリーの流れ
- ・ 化学的添加剤 / 反応物供給器 / バルブ
- ・ 酸化空気フロー制御バルブ又はダンパー又は送風機
- ・ pH バルブ又は設定点
- ・ 再循環ポンプ
- ・ 補充用の水添加及び除去バルブ / ポンプ
- ・ 吸収器の化学 (Cl、Mg、F1)

【0159】

従って、WFGD MPC C は、下記の CV のうちの任意のもの、もしくは任意のもの又はすべての組み合わせを制御することができる：

- ・ SO₂ 除去効率
- ・ 石膏純度
- ・ pH
- ・ スラリーの密度
- ・ 吸収器のレベル
- ・ 石灰石粉砕物及び石膏
- ・ 稼動コスト

【0160】

MPC アプローチは、WFGD 工程のすべての側面を 1 つの統一された制御器で最適に

10

20

30

40

50

計算する柔軟性を提供する。W F G Dを動作することによる第 1 の問題は、下記の相反する目標のバランスをとることにより稼働利益を最大化し、操作損失を最小化することである：

- ・ S O₂ 除去率を、所望の制約限界、例えば許容値限界又は適切な場合 S O₂ 除去クレジットを最大化する限界に対して適切な割合で維持する。

- ・ 石膏純度を、所望の制約限界、例えば石膏純度も仕入管理限界に対して適切な値で維持する。

- ・ 稼働コストを、所望の制約限界、例えば最小電力消費コストに対して適切なレベルで維持する。

【 0 1 6 1 】

図 7 は、図 6 を参照して説明したものと類似の制御器及び推定機の両方を含む例示的 M P C C 7 0 0 を示す。後に説明するが、M P C C 7 0 0 は、上述の相反する目標のバランスをとることができる。好適な実装形態では、M P C C 7 0 0 にペガサスパワーパーフェクト（登録商標）M P C 論理及び神経基盤回路網モデルが含まれているが、その他の論理及び非神経基盤モデルが上記のように所望の場合に代わりに用いられてもよく、これは当業者であれば理解することができる。

【 0 1 6 2 】

図 7 に示すように、M P C C 7 0 0 は、複数の I / O ポート 7 1 5、及びディスク記憶装置 7 1 0 とともに処理装置 7 0 5 を含む。前記ディスク記憶装置 7 1 0 は、任意の適当な種類又は種類のうちの 1 つ以上の装置であってもよく、電子的、磁氣的、光学的又は一部その他の形態又は形態の記憶媒体を活用してもよい。比較的少ない数の I / O ポートが示されているが、前記処理装置は、特定の実装形態に適するように多い又は少ない I / O ポートを含んでもよい。また、D C S からの工程データ及び D C S に戻される設定点は、標準コンピューター間の通信プロトコルを用いて単一メッセージとしてともにパッケージされて伝送されることができる。ここで、土台になるデータ通信機能性は、M P C C の動作に必須である一方、実施の詳細事項は、当業者によく知られており、本発明において提起される制御問題とは関係がない。処理装置 7 0 5 は、ディスク記憶装置 7 1 0 と通信し、通信リンク 7 1 2 を介してデータを保存し検索する。

【 0 1 6 3 】

また、M P C C 7 0 0 は、ユーザーの入力値、例えば操作者の入力値を受けるための 1 つ以上の入力装置を含む。図 7 に示すように、キーボード 7 2 0 及びマウス 7 2 5 は、通信リンク（7 2 2 及び 7 2 7）及び I / O ポート 7 1 5 を介して処理装置 7 0 5 への命令又はデータの手動入力を容易にする。さらに、M P C C 7 0 0 は、ユーザーに対して情報を表示するためのディスプレイ 7 3 0 を有する。処理装置 7 0 5 は、通信リンク 7 3 3 を介してユーザーに表示される情報をディスプレイ 7 3 0 と通信する。ユーザー入力値の通信を容易にすることに加えて、I / O ポート 7 1 5 はさらに、通信リンク（7 3 2 及び 7 3 4）を介する処理装置 7 0 5 への非ユーザー入力値の通信、及び通信リンク（7 3 4 及び 7 3 6）を介する処理装置 7 1 5 からの命令、例えば生成された制御命令の通信を容易にする。

【 0 1 6 4 】

処理装置、論理及び動的モデル

図 8 に示すように、処理装置 7 0 5 は、演算装置 8 1 0、記憶装置 8 2 0、及び図 7 の通信リンク（7 3 2 ~ 7 3 6）を介する I / O 信号 8 0 5 の収容及び伝送を容易にするためのインタフェース 8 3 0 を有する。記憶装置 8 2 0 は、任意のランダムアクセスメモリー（R A M）の一種である。インタフェース 8 3 0 は、キーボード 7 2 0 及び / 又はマウス 7 2 5 を通じた演算装置 8 1 0 とユーザーとの間の相互作用のみならず、演算装置 8 1 0 と以下に説明するようなその他の装置との間の相互作用を容易にする。

【 0 1 6 5 】

図 8 のように、ディスク記憶装置 7 1 0 は、推定論理 8 4 0、予測論理 8 5 0、制御発生器論理 8 6 0、動的制御モデル 8 7 0、及び動的推定モデル 8 8 0 を保存する。記憶さ

10

20

30

40

50

れた論理は、以下に説明されるように、操作を最適化するようにWFGDサブシステムを制御する記憶されたモデルにより実行される。さらに、ディスク記憶装置710は、受容されたり計算されたデータを保存するためのデータ記憶装置885、及びSO₂排出履歴を保管するためのデータベース890を有する。

【0166】

上記のような3つの目標のバランスをとるために、MPC700により使用される入力値及び出力値の制御マトリックスのリストを以下の表1に示す。

【0167】

【表1】

	SO ₂ 除去率	石膏純度	稼動コスト
操作された変数			
PH	X	X	
送風機空気Amps		X	X
再循環ポンプAmps	X		X
干渉変数			
流入口SO ₂			X
排煙速度			X
塩化物	X	X	
マグネシウム	X	X	
フッ化物	X	X	
石灰石純度及び粉碎物		X	X
内部電力コスト			X
石灰石コスト			X
石膏価格			X

表 1: 制御マトリックス

【0168】

本発明による実装形態では、MPC700は、SO₂除去率、石膏純度及び稼動コストで構成されたCVを制御するときに使用される。pHレベル、酸化空気の送風機にかかる負荷及び再循環ポンプにかかる負荷で構成されたMVの設定点を操作してCVを制御する。さらに、MPC700は、複数のDVを考慮する。

【0169】

MPC700は、一連の制約を観察しながら、CVに関わる前記3つの相反する目標

のバランスをとらなければならない。前記相反する目標は、M P C C 論理にコードされた非線形プログラミングの最適化技法を用いて最小化された1つの目的関数で公式化される。例えば、キーボード720又はマウス725を使用して前記目標の各々に対して加重係数を入力することにより、W F G Dサブシステムの操作者又はその他のユーザーは、特定の状況による前記目標の各々の相対的重要性を明示することができる。

【0170】

例えば、特定の状況では、S O₂ 除去率が石膏純度及び稼動コストに比べてより重く加重される場合もあれば、稼動コストが石膏純度に比べてより重く加重される場合もある。また他の状況では、稼動コストが石膏純度及びS O₂ 除去率より重く加重される場合もあり、石膏純度がS O₂ 除去率より重く加重される場合もある。また他の状況では、石膏純度がS O₂ 除去率及び稼動コストより重く加重される場合もある。任意な数の加重の組み合わせが明示されてもよい。

10

【0171】

M P C C 700は、適用可能なセットの制約、例えば図5Bに示すような制約(505~520)を依然観察しながら、前記明示された加重値を基にして、サブシステムが最適地点で、例えば図5Bの最適地点555で動作するようにW F G Dサブシステムの作動を制御する。

【0172】

この特定例において、制約は以下の表2に示されている。これらの制約は、典型的に、上記のC V及びM Vに関わる種類である。

20

【0173】

【表2】

制御された変数：	最小制約	最大制約	所望数値
S O ₂ 除去率	90%	100%	最大化
石膏純度	95%	100%	最小化
稼動コスト	なし	なし	最小化
操作された変数：	最小制約	最大制約	
pH	5.0	6.0	計算される
送風機空気	0%	100%	計算される
再循環ポンプ #1	オフ	オン	計算される
再循環ポンプ #2	オフ	オン	計算される
再循環ポンプ #3	オフ	オン	計算される
再循環ポンプ #4	オフ	オン	計算される

30

40

表 2: 制御及び操作された変数制約

【0174】

動的制御モデル

上述したように、M P C C 700は、表1の制御マトリックスに示される入力-出力構造を有する動的制御モデル870を必要とする。このような動的モデルを展開するために

50

は、第 1 原理モデル及び / 又は W F G D 工程のプラント試験を基にした経験的モデルを展開する。第 1 原理モデル及び / 又は経験的モデルは、上記の技法を用いて展開することができる。

【 0 1 7 5 】

このような例示的 W F G D サブシステムの場合、好ましくは、 SO_2 除去率及び石膏純度に対する W F G D 工程の定常状態モデル（第 1 原理又は経験的）を展開する。第 1 原理アプローチを用いて、W F G D 工程入力値と出力値との間の既知の基本関係を基にして定常状態モデルを展開する。神経回路網アプローチを用いて、様々な操作状態で実際の工程から経験的データを収集することにより、定常状態の SO_2 除去率及び石膏純度のモデルを展開する。工程の非線形性を捉えることができる神経回路網基盤モデルは、この経験的データにより訓練される。さらに言えば、神経回路網基盤モデルが特定の実装形態では好ましい場合もあるが、そのようなモデルの使用は必須ではない。むしろ、非神経回路網基盤モデルを必要な場合には使用してもよく、さらに、特定の実装形態ではかえって好ましい場合もある。

10

【 0 1 7 6 】

また、稼動コストに対する定常状態のモデルを第 1 原理により展開する。簡単に、コスト係数を用いて総コストモデルを展開する。取り上げている例示の実装形態では、石灰石等の各種原料のコスト及び電力コストにそれぞれの使用量を乗算して総コストモデルを展開する。収入モデルは、 SO_2 除去クレジット価格を SO_2 除去トン数に乗算し、石膏の価格を石膏トン数に乗算して求める。稼動利益（又は損失）は、収入からコストを差し引くことにより求めることができる。ポンプ駆動機（固定に対する可変速度）により、ポンプ配列の最適化は、二元のオフ / オン決定を含むことができる。これは、異なるポンプ配列の仕様を完全に評価するために、2 次最適化段階を必要とする場合もある。

20

【 0 1 7 7 】

正確な定常状態モデルを展開することができ、定常状態の最適化基盤の解決策として適していても、そのようなモデルは工程動力学を含まないため、M P C C 7 0 0 での使用に適していない。従って、実際の動的工程データを収集するために、段階的試験を W F G D サブシステムが行う。その後、段階的試験反応データを用いて、前記 W F G D サブシステムに対する経験的動的制御モデル 8 7 0 を展開し、前記データは、図 8 に示すようなディスク記憶装置 7 1 0 上の演算装置 8 1 0 に保存する。

30

【 0 1 7 8 】

動的推定モデル及び仮想のオンライン分析器

図 6 は、M P C C 7 0 0 に含まれているような推定機が W F G D 工程の全体的な進歩された制御にどのように使用されるかを示す。M P C C 7 0 0 では、推定機が、好ましくは、仮想オンライン分析器（V O A）である。図 9 は、M P C C 7 0 0 に含まれている推定機をより詳細に示している。

【 0 1 7 9 】

図 9 に示すように、観察された M V 及び D V は、演算装置 8 1 0 で推定論理 8 4 0 を実行するときに使用される、W F G D サブシステムのための経験的動的推定モデル 8 8 0 に入力される。これに対して、演算装置 8 1 0 は、動的推定モデル 8 8 0 により推定論理 8 4 0 を実行する。この場合、推定論理 8 4 0 は C V、例えば SO_2 除去効率、石膏純度及び稼動コストの現在値を計算する。

40

【 0 1 8 0 】

表 3 は、動的推定モデル 8 8 0 に対する構造を示す。M P C C 7 0 0 で使われる制御マトリックス及び動的推定モデル 8 8 0 は、同様の構造を有していることに注目する必要がある。

【 0 1 8 1 】

【表 3】

	SO ₂ 除去率	石膏純度
操作された変数		
PH	X	X
送風機空気 A m p s		X
再循環ポンプ A m p s	X	
干渉変数		
流入口 SO ₂		
排煙速度		
塩化物	X	X
マグネシウム	X	X
フッ化物	X	X
石灰石純度及び粉碎物		X

表 3: 推定機に対する工程モデル

【0182】

推定論理 840 の実行の出力は、SO₂ 除去及び石膏純度に対して開放ループ値である。VOA に対する動的推定モデル 880 は、動的制御モデルを展開するための、上記の同一のアプローチを用いて展開する。動的推定モデル 880 及び動的制御モデル 870 が本質的に同一であっても、モデルは非常に異なる目的のために使用されることを注目する必要がある。動的推定モデル 880 は、演算装置 810 により、工程変数 (PV)、例えば推定された CV940 の現在値の正確な予測を行うために推定論理 840 を実行するとき適用される。動的制御モデル 870 は、演算装置 810 により、図 6 に示すような操作された MV 設定点 615 を最適に計算するための予測論理 850 を実行するとき適用される。

【0183】

図 9 に示すように、フィードバックループ 930 は、推定ブロック 920 から提供されるが、これは推定論理 840 の実行の結果として演算装置 810 により生成される推定された CV を示す。従って、CV の最良の推定値は、フィードバックループ 930 を介して動的推定モデル 880 にフィードバックされる。推定機の以前の反復から出た CV の最良の推定値は、現在の反復に対して動的推定モデル 880 にバイアスを与えるための開始時点として使用される。

【0184】

確認ブロック 910 は、演算装置 810 により、例えばセンサー測定及び実験式の分析から、動的推定モデル 880 により推定論理 840 の実行の結果により観察された CV950、及び観察された MV 及び DV960 値の確認を示す。ブロック 910 で表示される確認は、さらに潜在的石灰石の沈床条件の判断に使用される。例えば、観察された MV が pH センサーの 1 つにより測定された pH 値の場合、動的推定モデル 880 により推定さ

れた pH 値を基にして測定された pH の確認 9 1 0 は、前記 pH センサーが故障していることを示すことができる。観察された SO₂ 除去、石膏純度又は pH に誤りがあると判断される場合には、演算装置 8 1 0 が推定 9 2 0 で前記値を使用しない。むしろ、代替値、好ましくは、動的推定モデルを基にした推定から得られた出力値をその代わり使用するようになる。また、アラームが DCS に送られることもある。

【 0 1 8 5 】

前記推定 9 2 0 を計算するために、演算装置 8 1 0 は、動的推定モデル 8 8 0 を基にした推定論理 8 4 0 の実行結果を、観察されて確認された CV と組み合わせる。Kalman フィルターアプローチは、推定結果を観察されて確認されたデータと組み合わせるときに好適に使用される。この場合、流入口及び流出口の SO₂ センサーから計算された、確認された SO₂ 除去率が生成された除去率値と組み合わせられ、実際の SO₂ 除去の推定値を生成する。SO₂ センサーの精度により、推定論理 8 4 0 は好ましくは、生成された値に比べて観察されたデータのフィルターされたバージョンに向けて加重されたバイアスをかける。

10

【 0 1 8 6 】

石膏純度は、最大数時間ごとにのみ測定される。また、演算装置 8 1 0 は、石膏純度の新しい観測結果を生成された推定された石膏純度値と組み合わせるようになる。石膏サンプルの測定期間の間、演算装置 8 1 0 は、動的推定モデル 8 8 0 により、観察された MV 及び MV 9 6 0 の変化を基にした石膏純度のアップデートされた推定を開放ループで行う。従って、演算装置 8 1 0 は、さらに石膏純度に対するリアルタイム推定を行う。

20

【 0 1 8 7 】

最終的に、演算装置 8 1 0 は、推定論理 8 4 0 を動的推定モデル 8 8 0 により行い、WFGD の稼動コストを計算する。コストに対する直接的なオンライン測定は行われなため、演算装置 8 1 0 は、稼動コストのリアルタイム推定を行う必要がある。

【 0 1 8 8 】

排出管理

上記のように、米国で許可される稼動許容値は、一般にモーメント排出及び連続平均排出の両方に対して限界を設定する。WFGD サブシステムの制御において、MPC 7 0 0 により有益に提起される連続平均排出の問題には 2 種類がある。その第 1 種類の問題は、連続平均の時間窓が MPC 7 0 0 の演算装置 8 1 0 により実行される予測論理 8 5 0 の計画対象期間 (time-horizon) より短い等しい場合に発生する問題である。第 2 種類の問題は、連続平均の時間窓が予測論理 8 5 0 の計画対象期間より長い場合に発生する問題である。

30

【 0 1 8 9 】

単一段階の MPC 構造

第 1 種類の問題、つまり短い時間窓の問題は、MPC 7 0 0 の正常構造を適用して、MPC 7 0 0 により実行される制御において排出連続平均を付加的 CV として統合することにより解決される。より詳細には、予測論理 8 5 0 及び制御発生器論理 8 6 0 が定常状態の条件を、経済的な制約としてよりも許容値の限界以下で維持されるべき工程制約として取り扱うようにし、さらに、許容値の限界以下で適用可能な時間窓の連続平均の現在及び未来値を維持する動的制御経路を実行するようにする。このような方法で、MPC 7 0 0 に排出連続平均のための調整構成が提供される。

40

【 0 1 9 0 】

干渉変数への考慮

また、適用可能な区間内で排出に影響を及ぼす計画された稼動イベント、例えば負荷変化等の要因に対する DV は予測論理 8 5 0 で考慮され、これにより MPC 7 0 0 では、WFGD 工程の制御が考慮される。実際に、ディスク記憶装置 7 1 0 にデータ 8 8 5 の一部として記憶される実際の DV は、WFGD サブシステムの種類により変わるようになり、特定の稼動方針、例えば基礎負荷に対する変動などが前記サブシステムのために導入される。しばしば DV は、操作者によるキーボード 7 2 0 及びマウス 7 2 5 を通じて入力さ

50

れた入力値により、又は制御発生器論理 8 6 0 自体により、又は外部計画システム（図示されない）によりインタフェース 8 3 0 を通じて調整されることが可能である。

【0191】

しかし、DV は、通常、操作者又は他のユーザーにより簡単に調整されるような形態ではない。よって、好ましくは、操作者又は他のユーザーが DV を設定し維持することを助けるため、稼動計画インタフェースツールが予測論理 8 5 0 の一部として提供される。

【0192】

図 1 1 A 及び図 1 1 B は、計画された稼動停止を入力するために、ディスプレイ 7 3 0 に表示されたインタフェースを示す。図 1 1 A に示すように、操作者又は他のユーザーに投影された電力発電システムの稼動係数及び W F G D サブシステムの稼動係数を表示するスクリーン 1 1 0 0 が設けられている。また、ユーザーが 1 回以上、新たに計画された稼動停止を入力し、検討又は変更のために以前に入力された計画された稼動停止を表示するためのボタンが設けられている。

【0193】

前記ユーザーが計画された稼動停止を入力するようにするボタンをマウス 7 2 5 で選択すると、ユーザーは、図 1 1 B に示すようなスクリーン 1 1 1 0 を通じて見ることができる。これによりユーザーは、示されたような新たに計画された稼動停止に関する様々な詳細事項をキーボード 7 2 0 で入力することができる。提供された稼動停止ボタンをクリックすることにより、新たに計画された稼動停止が DV として添加され、予測論理 8 5 0 により考慮される。このようなインタフェースを行う論理は、未来の稼動計画が M P C C 処理装置 7 0 5 に伝達されるように適切な DV を設定する。

【0194】

実際の DV がいずれであっても、計画された稼動イベントの影響を予測論理 8 5 0 に挿入するための DV の機能は同一であり、前記予測論理は、次いで M P C C 演算装置 8 1 0 により実行されて連続平均排出 CV の未来の動的及び定常状態の条件を予測できるようになる。従って、M P C C 7 0 0 は、予測論理 8 5 0 を実行して予測された排出連続平均を計算する。予測された排出連続平均は、次いで制御発生器論理 8 6 0 に対する入力値として使われ、前記制御発生器論理は、M P C C 演算装置 8 1 0 により制御計画において計画された稼動イベントを考慮するように実行される。このような方式で、M P C C 7 0 0 には計画された稼動イベントの観点から排出連続平均のための調整構成が提供され、これにより、計画された稼動イベントにもかかわらず連続平均排出の許容値限界内で W F G D の操作を制御する能力が提供される。

【0195】

2 段階 M P C C 構造

第 2 種類の問題、すなわち長い時間窓の問題は、2 段階の M P C C アプローチを用いて好適に解決することができる。このアプローチでは、M P C C 7 0 0 が複数の、好ましくは 2 つの段階的制御器演算装置を有する。

【0196】

図 1 0 を参照すれば、第 1 段階の制御器演算装置（C P U）7 0 5 A は、短期又は短い時間窓問題を、単一段階構造を参照して上記のような方式で解決するために動作する。図 1 0 に示すように、C P U 7 0 5 A は演算装置 8 1 0 A を有する。演算装置 8 1 0 A は、ディスク記憶装置 7 1 0 A に記憶された予測論理 8 5 0 A を実行し、適用可能な計画対象期間の短い期間と等しい時間窓内で動的連続平均排出を管理する。前記短い期間又は適用可能な制御期間の連続平均排出目標値を示す CV は、C P U 7 0 5 A の記憶装置 7 1 0 A 内データ 8 8 5 A の一部として記憶されている。

【0197】

また、C P U 7 0 5 A は、図 8 に示される前記記憶装置 8 2 0 及びインタフェース 8 3 0 と類似の記憶装置 8 2 0 A 及びインタフェース 8 3 0 A を有する。前記インタフェース 8 3 0 A は、M P C C 7 0 0 の I / O 信号の下位グループ、つまり I / O 信号 8 0 5 A を受信する。さらに、ディスク記憶装置 7 1 0 A は、推定論理 8 4 0 A 及び動的推定モデル

８８０Ａ、制御発生器論理８６０Ａ及び動的制御モデル８７０Ａ、及びＳＯ₂排出履歴データベース８９０Ａを保存するが、これらはすべて前記図８を参照して説明したとおりである。また、ＣＰＵ７０５Ａは、通常、演算装置クロック（processor clock）であるタイマー１０１０を有する。タイマー１０１０の機能は、後に詳細に説明する。

【０１９８】

第２段階のＣＰＵ７０５Ｂは、長期又は長い時間窓の問題を解決するために動作する。図１０に示すように、ＣＰＵ７０５Ｂは演算装置８１０Ｂを有する。演算装置８１０Ｂはまた、予測論理８５０Ｂを実行して動的連続平均排出を管理する。しかし、予測論理８５０Ｂは、連続平均排出制約の未来時間窓全体の観点から動的連続平均排出を管理し、第１段階のＣＰＵ７０５Ａのための最適短期又は適用可能な計画対象期間、連続平均排出の目標値、つまり最高限界を決めるように行われる。従って、ＣＰＵ７０５Ｂは、長期連続平均排出の最適化の役割をし、未来時間窓全体における排出連続平均の制御のために適用可能な計画対象期間における排出連続平均を予測する。

10

【０１９９】

長期の計画対象期間の連続平均排出制約を示すＣＶは、ディスク記憶装置７１０Ｂからデータ８８５Ｂの一部として記憶される。また、ＣＰＵ７０５Ｂは、上記の憶装置８２０及びインタフェース８３０と類似の記憶装置８２０Ｂ及びインタフェース８３０Ｂを有する。このインタフェース８３０Ｂは、ＭＰＣＣ７００のＩ／Ｏ信号の下位グループ、つまりＩ／Ｏ信号８０５Ｂを受信する。

【０２００】

20

図１０の２段階の構造が複数のＣＰＵを含むが、多段階予測論理は、必要な場合、別の方式で行われてもよい。例えば、図１０では、ＭＰＣＣ７００の第１段階がＣＰＵ７０５Ａで表示され、ＭＰＣＣ７００の第２段階はＣＰＵ７０５Ｂで表示される。しかし、単一ＣＰＵ、例えば図８のＣＰＵ７０５が、予測論理８５０Ａ及び予測論理８５０Ｂ両方を実行することにより、長期又は長い時間窓の問題を解決するために予測された最適な長期連続平均排出の観点から最適短期又は適用可能な計画対象期間の連続平均排出目標値を求め、求められた目標値の観点から短期又は適用可能な期間の連続平均排出を最適化するように用いられてもよい。

【０２０１】

このように、ＣＰＵ７０５Ｂは、制御対象区間（control horizon）と呼ばれる場合があり、連続平均の時間窓に相応する長期計画対象期間に注目する。有利なことに、ＣＰＵ７０５Ｂは、連続平均排出の未来時間窓全体の観点から動的連続平均排出を管理し、最適な短期連続平均排出限界を決める。ＣＰＵ７０５Ｂは、比較的短い期間における稼働計画に対する変化を捉えるのに十分なぐらい速い頻度で行う。

30

【０２０２】

ＣＰＵ７０５Ｂは、ＣＰＵ７０５ＡによりＣＶとして認識される短期又は適用可能な期間の連続平均排出の目標値を、ＭＶとして用い、長期排出連続平均をＣＶとして認識する。従って、長期排出連続平均は、ディスク記憶装置７１０Ｂ内にデータ８８５Ｂの一部として記憶される。予測論理８５０Ｂは、定常状態条件を、経済的な制約としてよりも許容値限界以下に維持されるべき工程制約として扱い、前記許容値限界以下で適用可能な時間窓内の連続平均の現在及び未来値を維持させる動的制御経路をさらに実行するようになる。このような方式で、ＭＰＣＣ７００に排出連続平均のための調整構成が提供される。

40

【０２０３】

また、適用可能な区間内で排出に影響を及ぼす計画された稼働イベント、例えば負荷変化等の要因に対するＤＶが予測論理８５０Ｂで考慮され、従ってＭＰＣＣ７００では、ＷＦＧＤ工程の制御が考慮される。このように、実際、ディスク記憶装置７１０Ｂにデータ８８５Ｂの一部として記憶される実際のＤＶは、ＷＦＧＤサブシステムの種類及びサブシステムのために導入した特定の稼働方針により変わり、操作者により、又は制御発生器論理８６０Ｂを実行するＣＰＵ７０５Ｂにより、又は外部計画システム（図示されない）によりインタフェース８３０Ｂを通じて調整されることができる。しかし、上記のように、

50

D Vは、通常、操作者又は他のユーザーにより簡単に調整できる形態ではなく、従って、好ましくは、操作者又は他のユーザーがD Vを設定し維持するようにすることを助けるため、稼動計画インタフェースツールが予測論理 8 5 0 A 及び / 又は 8 5 0 B の一部として提供される。

【 0 2 0 4 】

しかし、ここでもまた、実際のD Vがいずれであっても、計画された稼動イベントの影響を予測論理 8 5 0 B に挿入するためのD Vの機能は同一であり、前記予測論理は、次いでM P C C 演算装置 8 1 0 B により実行され、長期連続平均排出C Vの未来の動的及び定常状態の条件を予測できるようになる。

【 0 2 0 5 】

従って、C P U 7 0 5 B は、予測論理 8 5 0 B を実行し、制御計画内の計画された稼動イベントの観点から最適な短期又は適用可能な期間の連続平均排出限界を決める。最適な短期又は適用可能な期間の連続平均排出限界は、通信リンク 1 0 0 0 を介してC P U 7 0 5 A に伝送される。このような方式で、M P C C 7 0 0 に計画された稼動イベントの観点から排出連続平均を最適化するための調整構成が提供され、これにより、計画された稼動イベントにもかかわらず連続平均排出許容値限界内でW F G D の操作の制御を最適化する能力が提供される。

【 0 2 0 6 】

図 1 2 は、多段階M P C C 構造の拡張図を示す。図示するように、操作者又は他のユーザーは、通信リンク (1 2 2 5 及び 1 2 1 5) を介して工程履歴データベース 1 2 1 0 及びM P C C 7 0 0 の両方と通信するために遠隔制御端末機 1 2 2 0 を活用する。M P C C 7 0 0 は、図 1 0 のC P U 7 0 5 A 及びC P U 7 0 5 B を含み、これらは通信リンク 1 0 0 0 を介して互いに接続されている。W F G D 工程に関わるデータは、通信リンク 1 2 3 0 を介して工程履歴データベース 1 2 1 0 に伝送されるが、前記データベースは、このデータを工程履歴データとして保存する。後に詳細に説明するが、必要な記憶されたデータは、データベース 1 2 1 0 から通信リンク 1 2 1 5 を介して検索され、C P U 7 0 5 B により処理される。W F G D 工程に関わる必要なデータも通信リンク 1 2 3 5 を介して伝送され、C P U 7 0 5 A により処理される。

【 0 2 0 7 】

上記のように、C P U 7 0 5 A は、通信リンク 1 0 0 0 を介してC P U 7 0 5 B から現在の所望の長期連続平均目標値に相応するC V稼動目標値を受ける。伝達された連続平均目標値は、予測論理 8 5 0 B を実行するC P U 7 0 5 B により発生された長期連続平均のために最適化された目標値である。C P U 7 0 5 A とC P U 7 0 5 B との間の通信は、M P C 制御器とリアルタイム最適化間の通信と同様の方式で行われる。

【 0 2 0 8 】

C P U 7 0 5 A 及びC P U 7 0 5 B は、C P U 7 0 5 B がC P U 7 0 5 A に長期連続平均のために最適化された目標値を送ることを中止する場合、C P U 7 0 5 A が長期連続平均制約のための知能的で控え目な稼動計画に代替又は転換を保障する信号変更 (handshaking) プロトコルを有することが有利である。予測論理 8 5 0 A は、そのようなプロトコルを構築することにより、必要な信号変更及び転換を保障するツールを含んでもよい。しかし、もし予測論理 8 5 0 A がそのようなツールを含まない場合は、D C S の典型的な特徴及び機能性は、所要の信号変更及び転換を行うように当業者によく知られている方式で導入してもよい。

【 0 2 0 9 】

重要な事項は、C P U 7 0 5 A が一貫して時間に合った、つまり新規の古くない、長期連続平均目標値を使用することを保障することである。C P U 7 0 5 B が予測論理 8 5 0 B を実行する度に、新鮮で新しい長期連続平均目標値を計算するようになる。C P U 7 0 5 A は、C P U 7 0 5 B から通信リンク 1 0 0 0 を介して新しい目標値を受ける。新しい目標値の受容を基にして、C P U 7 0 5 A は予測論理 8 5 0 A を実行してタイマー 1 0 1 0 をリセットする。C P U 7 0 5 A がC P U 7 0 5 B から通信リンク 1 0 0 0 を介して時

10

20

30

40

50

間に合うように新しい目標値を受けることに失敗した場合には、タイマー 1010 の期限が満了又は満期になる。タイマー 1010 の満期により、CPU705A は、予測論理により現在の長期連続平均目標値が古いものと判断し、CPU705B から新規の新しい長期連続平均目標値を受けるまで安全な稼動計画に切り替わる。

【0210】

好ましくは、最小のタイマー設定がコンピューター負荷/スケジューリングの問題を容許するために、CPU705B の実行頻度より少し長い。複数のリアルタイム最適化のスケジュールに入っていない動作のため、従来は、通信タイマーを制御器の定常状態に対して半分～2倍の時間で設定するのが一般的である。しかし、CPU705B による予測論理の実行がスケジュールに入れば、タイマー 1010 を設定するための推奨指示事項は、定常状態最適化のリンクのスケジュールではなく、例えば CPU705B 上で動作する制御器の実行頻度の 2 倍プラス約 3～5 分以下である必要がある。

10

【0211】

CPU705A が現在の長期連続平均目標値が古いものと判断して捨てる場合には、長期連続平均制約がリセットされなければならない。CPU705B が新規の新しい長期連続平均目標値を提供しなければ、CPU705A は、長期指示事項又は目標値を有していない。従って、その場合に CPU705A は、工程稼動の安全マージンを増加させる。

【0212】

例えば、連続平均期間が比較的短く、例えば 4～8 時間であり、サブシステムが基本の負荷条件で動作する場合には、CPU705A は、予測論理 850A により古い連続平均除去目標値を 3～5 重量%程度増加させてもよい。このような増加は、上記のような状況下で持続する稼動に対して十分な安全マージンを構築しなければならない。このような増加を行うのに必要な操作者の入力、予測論理に対して単一の数値、例えば 3 重量%を入力すればよい。

20

【0213】

一方、連続平均期間が比較的長く、例えば 24 時間以上であり、及び/又はサブシステムが一定しない負荷で動作する場合には、CPU705A は、予測論理 850A に従って控え目な目標値に再び変更してもよい。これを行う 1 つの方法は、CPU705A が連続平均時間窓の期間全体において、計画されたサブシステムの負荷以上で仮定された一定の (constant) 稼動を行うことである。CPU705A は、次いでそのような一定の稼動を基にして、一定の排出目標値を計算し、現場管理により決定され得る小さな安全マージン又は安全要因を追加することである。CPU705A においてこの解決策を行うためには、予測論理 850A が言及された機能を含まなければならない。しかし、必要な場合、この控え目な目標値を設定する機能が CPU705A ではなく DCS で行える場合には、第 1 段階の制御器 705A で前記控え目な目標値を 2 次 CV として行い、短期連続平均目標値 1000 が古くなった場合に、この CV のみを可能にしてもよい。

30

【0214】

従って、連続平均期間が比較的短くとも長くとも、及び/又はサブシステムが一定の負荷で動作しても、一定しない負荷で動作しても、予測論理 850A は、転換限界値を含めて操作者の行動を必要としないことが好ましい。しかし、他の技法を、CPU705B が新規の新しい長期連続平均目標値を提供しない期間では、その技法が連続平均制約に対して安全な/控え目な稼動を設定する場合には、転換限界を設定するように使用してもよい。

40

【0215】

実際の SO₂ 排出は、CPU705B が正常に動作することや、新規の新しい長期連続平均目標値を CPU705A に提供することに関係なく、工程履歴データベース 1210 から MPCC700 により追跡されることに注目しなければならない。従って、記憶された排出は、CPU705B が動作しないか、あるいは CPU705A と正常に通信を行わない場合でさえも、発生する SO₂ 排出を追跡し、考慮するように CPU705B により使用される。しかし、CPU705B が再び動作し、正常に通信を行うようになった後は

50

、予測論理 8 5 0 B により連続平均排出を再度最適化し、CPU 7 0 5 A により使用される現在の連続平均排出目標値を増加させたり減少させ、稼働停止中に発生した実際の排出に対して調整し、通信リンク 1 0 0 0 を介して CPU 7 0 5 A に新規の新しい長期連続平均目標値を提供する。

【 0 2 1 6 】

オンライン実行

図 1 3 は、W F G D 工程 6 2 0 に対して M P C C 1 3 0 0 と D C S 1 3 2 0 のインタフェースに関する機能的ブロック線図を示す。M P C C 1 3 0 0 は、図 6 の制御器 6 1 0 と類似の制御器 1 3 0 5、及び図 6 の推定機 6 3 0 と類似の推定機 1 3 1 0 の両方を有する。M P C C 1 3 0 0 は、必要な場合、図 7 及び 8 に示す M P C C であってもよい。また、M P C C 1 3 0 0 は、多段階構造、例えば図 1 0 及び図 1 2 に示すようなものを用いて環境設定されることも可能である。

10

【 0 2 1 7 】

図示するように、制御器 1 3 0 5 及び推定機 1 3 1 0 は、図 8 のインタフェース 8 3 0 の一部であり得るデータインタフェース 1 3 1 5 を介して D C S 1 3 2 0 に接続される。このような好適な実装形態では、データインターフェース 1 3 1 5 がペガサス（登録商標）データインターフェース（P D I）ソフトウェアモジュールを用いて行われる。しかし、これは必須ではなく、データインターフェース 1 3 1 5 は、一部の他のインタフェース論理を用いて実行されてもよい。データインターフェース 1 3 1 5 は、操作された M V のための設定点を送って P V を読み取る。前記設定点は、図 8 の I / O 信号 8 0 5 として送られてもよい。

20

【 0 2 1 8 】

この好適な実装形態では、制御器 1 3 0 5 がペガサス（登録商標）パワーパーフェクト（P P P）を用いて実行され、前記ペガサスパワーパーフェクトは、3つのソフトウェア試験成分：データサーバー成分、制御器成分及びグラフィックユーザーインタフェース（G U I）成分で構成される。データサーバー成分は、P D I と通信し、制御適用に関わる局所的データを収集するのに使われる。制御器成分は、予測論理 8 5 0 を実行し、動的制御モデル 8 7 0 の観点からモデル予測制御アルゴリズムの計算を行う。G U I 成分は、例えばディスプレイ 7 3 0 に、このような計算の結果を表示し、制御器を調整するためのインタフェースを提供する。ここでも同様に、ペガサスパワーパーフェクトの使用は、必須ではなく、他の制御器論理を用いて制御器 1 3 0 5 が実行されてもよい。

30

【 0 2 1 9 】

この好適な実装形態では、推定機 1 3 1 0 は、ペガサス（登録商標）の実行時間適用エンジン（R A E）のソフトウェアモジュールを用いて実行される。R A E は、P D I 及び P P P と直接通信する。R A E は、V O A をホストするためのコスト効率の良い環境を作る複数の特徴を提供するものと認識される。エラー確認論理のための機能、ハートビートモニタリング、通信及びコンピューター演算処理監視能力、及びアラーム機能のすべてが R A E で有利に行われる。しかし、言及したように、ペガサス（登録商標）の実行時間適用エンジンは必須ではなく、推定機 1 3 1 5 は、他の推定機論理を用いて実施されてもよい。また、当業者に理解されるように、必要な場合は、W F G D 6 2 0 のための D C S で機能的に等しい V O A を実施することも可能である。

40

【 0 2 2 0 】

制御器 1 3 0 5、推定機 1 3 1 0 及び P D I 1 3 1 5 は、好ましくはイーサネット（Ethernet）接続を用いて、W F G D 工程 6 2 0 のための D C S 1 3 2 0 を含む制御ネットワークに接続された1つの演算装置、例えば図 8 の演算装置 8 1 0 又は図 1 0 の演算装置 8 1 0 A で実行される。現在、演算装置オペレーティングシステムは、Microsoft Windows（登録商標）基盤が一般的であるが、これは必須ではない。また、前記演算装置は、例えば図 7 に示すように、高出力ワークステーションコンピューターアセンブリー又はその他の種類のコンピューターの一部であってもよい。いずれの場合も、前記演算装置、及びそれに備えられる記憶装置は、本発明に記載されたような進んだ W F G D 制御を行うときに

50

必要な論理を実行するのに十分な演算能力及び記憶能力を持たなければならない。

【0221】

DCS変更

図13を参照して説明したとおり、予測論理850を実行する制御器演算装置は、インタフェース1315を介してWFGD工程620に対するDCS1320に接続する。制御器1305及びDCS1320の適切な接続を容易にするために、通常のDCSは変更を要する。従って、DCS1320は当分野でよく知られている方式で、以下のような特徴を含むように変更された一般的なDCSであることが好ましい。

【0222】

DCS1320は、操作者又は他のユーザーがDCSインタフェース画面から下記の機能を行うことができるようにするため、一般的にソフトウェアを利用するのに必要な論理が導入、つまりプログラム化されている：

- ・PPPのCONTROL MODE（制御モード）を自動と手動で切り替える。
- ・CONTROLLER STATUS（制御器状態）を観察する。
- ・WATCHDOG TIMER（監視タイマー）（HEARTBEAT（ハートビート））の状態を観察する。
- ・STATUS（状態）、MIN（最小）、MAX（最大）、CURRENT VALUE（現在値）に対するMVの寄与を観察する。
- ・各MVをENABLE（動作）させたり、各MVをオフする。
- ・MIN（最小）、MAX（最大）及びCURRENT（現在）値に対するCVの寄与を観察する。
- ・石膏純度、吸収器化学及び石灰石の特徴に対する実験室の数値を入力する。

10

20

【0223】

この機能に対するユーザーのアクセスのための補助として、DCS1320は図14A及び14Bに示すように、2つの新しい画面を表示するようにする。図14Aでは、画面1400は、操作者又は他のユーザーがMPCC制御をモニタリングするときに使用され、図14Bの画面1450は、操作者又は他のユーザーが実験室の及び/又は他の値を適切に入力するときに使用されている。

【0224】

そして本発明を理解するのに便宜上不要な複雑性を避けるために、稼動コスト等の項目は、以下の記載の目的のために制御マトリックスから除外した。しかし、稼動コストは容易に、かつ多数の場合に、好ましく制御マトリックス内に含まれてもよいことが理解されるであろう。また、便宜のために、そして論議を単純化するために、再循環ポンプは、MVよりもDVとして扱われる。ここで、当業者は、多数の場合において、再循環ポンプをMVとして扱うことが好ましいことが理解できる。最終的に、以下の記載において、WFGDサブシステムが2つの吸収塔及び2つの備えられるMPCC（WFGDサブシステムで各吸収器に対して1つのMPCC）を有するものと仮定する。

30

【0225】

高度制御DCS画面

以下、図14Aを参照すれば、図示するように、画面1400は、自動又は手動モードの操作者/ユーザーが選択したタグであるCONTROLLER MODE（制御器モード）を含む。AUTO（自動）モードでは、予測論理850、例えばペガサス（登録商標）パワーパーフェクトを行う制御器1305がMVの動向を計算し、このような動向をDCS1320で行う制御信号を指示するために制御発生器論理860を実行する。予測論理850を実行する制御器1305は、変数が動作しない限り、つまりAUTO（自動）で表示されない限り、MV動向を計算しない。

40

【0226】

予測論理850、例えばペガサス（登録商標）パワーパーフェクトを行う制御器1305は、通信インタフェース1315とDCS1320の保存性をモニタする監視タイマー又はハートビート機能を含む。回線インターフェース機構1315が動作しない場合には

50

、アラーム表示器（図示されない）が画面に現れる。予測論理 8 5 0 を行う制御器 1 3 0 5 は、アラーム状態を認識し、そのアラーム状態を基にしてすべての動作中である、つまりアクティブな選択項目を低いレベルの D C S 構成に切り替え始める。

【 0 2 2 7 】

また、画面 1 4 0 0 は、P E R F E C T O R S T A T U S（パーフェクト状態）を含むが、これは予測論理 8 5 0 が制御器 1 3 0 5 により成功裡に実行されたか否かを表示する。制御器 1 3 0 5 が動作を続けるためには、G O O D（良い）状態（図示しているように）が要求される。予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 は、B A D（悪い）状態を認識し、B A D 状態を認識することにより、すべてのアクティブ接続を切断し、切り替えを行う。つまり、制御を D C S 1 3 2 0 に戻す。

10

【 0 2 2 8 】

図示するように、M V は以下の情報名で表示される：

E N A B L E D - このフィールドは、操作者又は他のユーザーが各 M V を動作させたり、停止させるように、予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 に入力することにより設定することができる。M V を動作停止させることは、M V をオフ状態に調整することに相応している。

【 0 2 2 9 】

S P - 予測論理 8 5 0 の設定点を示す。

【 0 2 3 0 】

M O D E - 予測論理 8 5 0 が適用可能な M V を o n、o n H o l d、又は完全 o f f のうちのいずれかで認識するかを示す。

20

【 0 2 3 1 】

M I N L M T - 予測論理 8 5 0 により使用される M V に対する最小限界を表示する。この値は、操作者又は他のユーザーにより変更できないようにすることが好ましい。

【 0 2 3 2 】

M A X L M T - 予測論理 8 5 0 により使用される、M V に対する最大限界を表示する。同様に、この値は変更されないようにすることが好ましい。

【 0 2 3 3 】

P V - 予測論理 8 5 0 により認識されるような各 M V の最新の値又は現在値を示す。

【 0 2 3 4 】

30

画面 1 4 0 0 は、以下のような M V 状態フィールドの表示器の詳細事項をさらに含む。

【 0 2 3 5 】

予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 は、特定 M V の M O D E が O N の場合にのみ、前記 M V を調整する。このようにするためには、4 つの条件を充足しなければならない。まず、操作者又は他のユーザーがイネーブルボックスを選択する。D C S 1 3 2 0 は自動モードである必要がある。切り替えの条件は、予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 により計算されるため、f a l s e（嘘）でなければならない。最後に、H o l d（維持）の条件も、予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 により計算されるため、f a l s e（嘘）でなければならない。

【 0 2 3 6 】

40

予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 は、もし制御器 1 3 0 5 が、前記特定 M V を調整できないようにする条件が存在する場合には、H o l d の M V モード状態を変更し表示することになる。制御器 1 3 0 5 は、H o l d 状態にある場合は、予測論理 8 5 0 に相応して、H o l d 状態を解除することができるまで現在の値 M V を維持することになる。M V 状態を H o l d に維持しておくには、4 つの条件を充足しなければならない。まず、操作者あるいは他のユーザーがイネーブルボックスを選択してなければならない。予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 によって計算される場合に D S C 1 3 2 0 が自動モードでなければならない。最後に、H o l d（維持）の条件も、予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 によって計算されるため、t r u e（真実）でなければならない。

【 0 2 3 7 】

50

予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 は、M V モード状態をオフに変更し、もし制御器 1 3 0 5 が以下の条件のうち任意のものを基にして前記特定 M V を調整できないようにする条件が存在する場合には、on (オン) と off (オフ) モード状態を表示する。まず、操作者又は他のユーザーが制御モードに対する enable (動作) ボックスを選択して除去する。D C S モードは、自動モードではなく、手動モードである。いかなる切り替え条件であっても、予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 により計算されるため、true (真実) である。

【 0 2 3 8 】

予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 は、推定機 1 3 1 0 の実行失敗及び所定の過去期間、例えば最後の 1 2 時間の間に実験室数値の入力失敗を含む、様々な切り替え条件を認識する。予測論理 8 5 0 を実行する制御器 1 3 0 5 が前記切り替え条件のうちのいずれかを true (真実) と判断する場合、前記制御器は、M V の制御を D C S 1 3 0 2 に戻すことになる。

10

【 0 2 3 9 】

図 1 4 A にも示すように、C V は以下の情報見出しで表示される：

P V - 制御器 1 3 0 5 が受信する C V の最新の感知値を示す。

【 0 2 4 0 】

L A B - 制御器 1 3 0 5 が受信するサンプルの時点とともに最新の実験室の試験数値を示す。

【 0 2 4 1 】

20

E S T I M A T E - 動的推定モデルを基にして推定論理 8 4 0 を実行する推定機 1 3 1 0 により生成される現在又は最新の C V の推定を示す。

【 0 2 4 2 】

M I N - C V に対する最小限界を示す。

【 0 2 4 3 】

M A X - C V に対する最大限界を示す。

【 0 2 4 4 】

また、画面 1 4 0 0 は、操作の一部の所定の過去期間における、例えば操作過去 2 4 時間の C V の推定された値に対する傾向プロットを示す。

【 0 2 4 5 】

30

実験室サンプルの入力形態

以下、図 1 4 B を参照すれば、見本の実験室サンプル入力形態の D C S 画面 1 4 5 0 が操作者又は他のユーザーに表示される。この画面は、前記図 8 を参照して説明したように、図 1 3 の推定機 1 3 1 0 により推定論理 8 4 0 及び動的推定モデル 8 8 0 により処理される実験室サンプルの試験数値を操作者又は他のユーザーが入力するときに使われる。

【 0 2 4 6 】

図 1 4 B に示すように、推定機 1 3 1 0 により生成された関連のタイムスタンプとともに下記値が入力される：

装置 1 の実験室サンプルの数値：

- ・石膏純度
- ・塩化物
- ・マグネシウム
- ・フッ化物

40

装置 2 の実験室サンプルの数値：

- ・石膏純度
- ・塩化物
- ・マグネシウム
- ・フッ化物

装置 1 及び装置 2 の組合せでの実験室サンプルの数値：

- ・石膏純度

50

- ・石灰石純度
- ・石灰石粉碎物

【 0 2 4 7 】

操作者又は他のユーザーは、例えば図 7 に示すキーボード 7 2 0 を用いて、関連のサンプル時点とともに実験室の試験数値を入力する。この値を入力した後は、操作者は、例えば図 7 に示すマウス 7 2 5 を使ってアップデートボタンをアクティブにする。アップデートボタンをアクティブにすると、推定機 1 3 1 0 に対して推定論理 8 4 0 の次回実行中にこれらのパラメータに対する値をアップデートするようになる。必要な場合、代替的にこのような実験室試験数値は、M P C C 処理装置のインタフェース、例えば図 8 に示すインタフェース 8 3 0 を介してデジタル化された形態に適用可能な実験室から M P C C 1 3 0 0 で自動供給されることも可能である。また、M P C C 論理は、適用可能な実験室又は実験室からデジタル化された形態の試験数値を受容することに対応して、アップデートボタンで表示されるアップデート機能を自動でアクティブになるように簡単に導入、例えばプログラム化してもよい。

10

【 0 2 4 8 】

W F G D 工程の適切な制御を保障するため、石膏純度に対する実験室試験の数値は、8 ~ 1 2 時間ごとにアップデートされなければならない。従って、M P C C 1 3 0 0 は、純度がその期間中にアップデートされない場合には、制御を切り替えてアラームを発するのに必要な論理で設定、例えばプログラム化されることが好ましい。

【 0 2 4 9 】

20

また、吸収器化学数値及び石灰石の特徴数値は、少なくとも週に 1 回はアップデートされなければならない。同様に、この数値が正しくアップデートされない場合には、M P C C 1 3 0 0 はアラームを発するように設定されることが好ましい。

【 0 2 5 0 】

確認論理は、推定機 1 3 1 0 により実行される推定論理 8 4 0 に、操作者の入力値を確認するために含まれる。この値が不正確に入力される場合には、推定機 1 3 1 0 は推定論理 8 4 0 により以前の値に復帰し、以前の値が図 1 4 B に続けて表示されるようになり、動的推定モデルはアップデートされない。

【 0 2 5 1 】**全体の W F G D 操作の制御**

30

以下、上記の種類のうち任意の M P C C による、W F G D サブシステムの全体操作の制御を図 1 5 A、1 5 B、1 6、1 7、1 8 及び図 1 9 を参照して説明する。

【 0 2 5 2 】

図 1 5 A は、図 1 を参照して説明したものと類似の電力発電システム (P G S) 1 1 0 及び大気汚染制御 (A P C) システム 1 2 0 を示しているが、ここで、同じ参照番号はシステムの同一要素を示し、そのうちの一部は重複を避けるために省略した。

【 0 2 5 3 】

図示するように、W F G D サブシステム 1 3 0 ' は、多変数制御を含むが、これは、上記の M P C C (7 0 0 又は 1 3 0 0) と類似の M P C C 1 5 0 0 により行われ、必要な場合には、図 1 0 ~ 1 2 を参照して説明した種の多段階構造を取り入れたものであってもよい。

40

【 0 2 5 4 】

S O ₂ を含む排煙 1 1 4 は、他の A P C サブシステム 1 2 2 から吸収塔 1 3 2 に誘導される。周囲空気 1 5 2 が送風機 1 5 0 により圧縮され、圧縮された酸化空気 1 5 4 ' として結晶化器 1 3 4 に送られる。センサー 1 5 1 8 は、周囲条件 1 5 2 0 の測定値を検出する。測定された周囲条件 1 5 2 0 は、例えば温度、湿度及び気圧計の圧力を含む。送風機 1 5 0 は、現在の送風機の負荷数値 1 5 0 2 を提供し、受信された送風機負荷 S P 1 5 0 3 を基にして現在の送風機負荷を変更することができる送風機負荷制御 1 5 0 1 を含む。

【 0 2 5 5 】

また、図示するように、石灰石スラリー 1 4 8 ' がスラリーポンプ 1 3 3 により結晶化

50

器 1 3 4 から吸収塔 1 3 2 にポンプ注入される。スラリーポンプ 1 3 3 のそれぞれは、ポンプ状態制御 1 5 1 1 及びポンプ負荷制御 1 5 1 4 を含む。ポンプ状態制御 1 5 1 1 は、現在のポンプ状態数値 1 5 1 2 を提供、例えばポンプのオン/オフ状態を表すことができ、受容されたポンプ状態 S P 1 5 1 3 を基にしてポンプの現在状態を変化させることができる。ポンプ負荷制御 1 5 1 4 は、現在のポンプ負荷数値 1 5 1 5 を提供し、ポンプ負荷 S P 1 5 1 6 を基にした現在のポンプ負荷を変化させることができる。ミキサー/タンク 1 4 0 から結晶化器 1 3 4 への新規の石灰石スラリー 1 4 1 ' の流れは、スラリー流れ S P 1 9 6 ' を基にしたフロー制御バルブ 1 9 9 により制御される。スラリー流れ S P 1 9 6 ' は、後に説明されるような p H S P 1 8 6 ' を基にして定められた P I D 制御信号 1 8 1 ' に従って行われる。結晶化器 1 3 4 へ流れる新規のスラリー 1 4 1 ' は、W F G D 10 工程で使われるスラリーの p H を調整し、これにより吸収塔 1 3 2 に流入する S O ₂ 含有排煙 1 1 4 から S O ₂ の除去を制御する役割をする。

【 0 2 5 6 】

上記のように、S O ₂ 含有排煙 1 1 4 は、吸収塔 1 3 2 の基底に入る。S O ₂ は、吸収塔 1 3 2 で排煙 1 1 4 から除去される。好ましくは、S O ₂ 非含有清浄排煙 1 1 6 ' は、吸収塔 1 3 2 から、例えば煙突 1 1 7 に送られる。S O ₂ 分析器 1 5 0 4 は、吸収塔 1 3 2 の流出口に位置するものと示されているが、煙突 1 1 7 に位置したり、吸収塔 1 3 2 の下流のまた別の位置に位置してもよく、流出口 S O ₂ 1 5 0 5 の測定値を検出する。

【 0 2 5 7 】

サブシステム 1 3 0 ' の制御側では、W F G D 工程のための多変数工程制御器、つまり図 1 5 B に示す M P C C 1 5 0 0 が様々な入力値を受ける。M P C C 1 5 0 0 への入力値には、測定されたスラリー p H 1 8 3、測定された流入口 S O ₂ 1 8 9、送風機負荷数値 1 5 0 2、測定された流出口 S O ₂ 1 5 0 5、実験室で試験された石膏純度値 1 5 0 6、測定された P G S 負荷 1 5 0 9、スラリーポンプ状態数値 1 5 1 2、スラリーポンプ負荷数値 1 5 1 5、及び測定された周囲条件数値 1 5 2 0 が含まれる。後に説明されるが、このような工程パラメータ入力値は、非工程入力値 1 5 5 0 及び制約入力値 1 5 5 5、及び計算された推定されたパラメータ入力値 1 5 6 0 を含むその他の入力値とともに、M P C C 1 5 0 0 により制御されたパラメータ設定点 (S P) 1 5 3 0 を生成するのに使用される。

【 0 2 5 8 】

稼動中には、W F G D 吸収塔 1 3 2 に、又はその上流に位置する S O ₂ 分析器 1 8 8 が排煙 1 1 4 中の流入口 S O ₂ の測定するのを検出する。流入口 S O ₂ の測定された値 1 8 9 は、フィードフォワード装置 1 9 0 及び M P C C 1 5 0 0 に供給される。電力発電システム (P G S) 1 1 0 の負荷は、また P G S 負荷センサー 1 5 0 8 により検出され、測定された P G S 負荷 1 5 0 9 として M P C C 1 5 0 0 に供給される。付加的に、S O ₂ 分析器 1 5 0 4 は、吸収塔 1 3 2 を抜け出る排煙中の流出口 S O ₂ の測定値を検出する。流出口 S O ₂ の測定された値 1 5 0 5 もまた M P C C 1 5 0 0 に供給される。

【 0 2 5 9 】

石膏品質の推定

以下、図 1 9 を参照すれば、M P C C 1 5 0 0 へのパラメータ入力は、吸収塔 1 3 2 内の進行中の状態を反映するパラメータを含む。このようなパラメータは、M P C C 1 5 0 0 により石膏に対する動的推定モデルを構築し、アップデートするために使用されてもよい。石膏に対する動的推定モデルは、例えば動的推定モデル 8 8 0 の一部を形成することができる。

【 0 2 6 0 】

石膏純度にオンラインで直接測定することができる実用的な方法がないため、動的石膏推定モデルが、M P C C 1 5 0 0 の推定機 1 5 0 0 B により実行される推定論理、例えば推定論理 8 4 0 とともに、計算された石膏純度 1 9 3 2 として示される石膏品質の推定値を計算するときに使用されてもよい。推定機 1 5 0 0 B は、好ましくは、仮想のオンライン分析器 (V O A) である。制御器 1 5 0 0 A 及び推定機 1 5 0 0 B が単一装置内に収納 40

10

20

30

40

50

されているが、必要な場合には、制御器 1500A 及び推定機 1500B 装置の必要な通信が可能になるように適宜接続さえ行われれば、制御器 1500A 及び推定機 1500B が別々に収納され、個別の構成要素として構成されてもよい。

【0261】

また、石膏品質 1932 の計算された推定値は、MPC C 1500 に入力される、石膏純度値 1506 で示される石膏品質の実験室測定を基にする推定論理による調整を反映することができる。

【0262】

推定された石膏品質 1932 は、次いで推定機 1500B により MPC C 1500 の制御器 1500A に伝送される。制御器 1500A は、推定された石膏品質 1932 を用いて動的制御モデル、例えば動的制御モデル 870 をアップデートする。予測論理、例えば予測論理 850 は、制御器 1500A により、動的制御モデル 870 により、調整された推定された石膏品質 1932 と、所望の石膏の品質を示す石膏品質的制約を比較するように実行される。所望の石膏品質は、通常、石膏販売契約の詳細事項により成立される。このように、石膏品質的制約は、MPC C 1500 に石膏品質要件 1924 として入力され、データ 885 として記憶される。

10

【0263】

予測論理を実行する制御器 1500A は、前記比較結果に基づいて WFGD サブシステム 130' の稼動に調整が必要か否かを判断する。必要な場合には、推定された石膏品質 1932 と石膏品質的制約 1924 との間の差異は、制御器 1500A により実行される予測論理により、石膏 160' の品質を石膏品質的制約 1924 範囲に向上させるため、WFGD サブシステム稼動で行われる必要な調整を決めるときに使われる。

20

【0264】

石膏品質要件遵守の維持

石膏 160' の品質を石膏品質的制約 1924 と一致させるため、予測論理により定められるような WFGD 稼動に対する必要な調整が制御発生器論理、例えば制御発生器論理 860 に供給されるが、前記論理もまた制御器 1500A により実行される。制御器 1500A は、制御発生器論理を実行し、石膏 160' の品質で要求される増加又は減少に相応する制御信号を生成する。

30

【0265】

このような制御信号は、例えば図 15A に示す 1 つ以上のバルブ 199、スラリーポンプ 133 及び送風機 150 の動作に対して、WFGD サブシステム工程パラメータ、例えば結晶化器 134 から吸収塔 132 へ流れるスラリー 148' の測定された pH 値で、図 15A の pH センサー 182 により検出される測定されたスラリー pH 値 183 で表示されるものが所望の設定点 (SP)、例えば所望の pH 値に相応するように、調整を行う。このようなスラリー 148' の pH 値 183 の調整は、次いで WFGD サブシステム 130' により実際生産される石膏副産物 160' の品質に変化をもたらし、所望の石膏品質 1924 にうまく対応することができるように、推定機 1500B により計算される推定された石膏品質 1932 に変化をもたらすようになる。

40

【0266】

次に、図 16 は、清水供給源 164、ミキサー/タンク 140 及び脱水機 136 の構造及び動作を詳細に示す。図示するように、清水供給源 164 は、水タンク 164A を有するが、これより ME 洗浄水 200 がポンプ 164B により吸収塔 132 にポンプ注入され、清水供給源 162 がポンプ 164C により混合タンク 140A にポンプ注入される。

【0267】

脱水機 136 の作動及び制御は、MPC C 1500 の付加により変化しない。

【0268】

粉碎機 170 及びミキサー/タンク 140 を含む石灰石スラリー製造区域の動作及び制御は、MPC C 1500 の付加により変化しない。

【0269】

50

次に、図 15 A、15 B 及び図 16 を参照すれば、制御器 1500 A は、例えば制御発生器論理を実行し、石灰石スラリー 141' の結晶化器 134 への流れに対する変更を指示することも可能である。結晶化器 134 へ流れるスラリー 141' の体積は、バルブ 199 の開閉により制御される。バルブ 199 の開閉は、PID 180 により制御される。バルブ 199 の動作を制御する PID 180 の動作は、入力されたスラリー pH 設定点に基づいて行われる。

【0270】

従って、スラリー 141' の結晶化器 134 への流れを適切に制御するため、制御器 1500 A は、石膏 160' の品質を石膏品質的制約 1924 と一致させるためのスラリー pH 設定点を決める。図 15 A 及び図 16 に示すように、pHSP 186' で表示される定められたスラリー pH 設定点は PID 180 に伝送される。PID 180 は、次いでスラリー流れ 141' が受容された pHSP 186' と一致するように変更させるため、バルブ 199 の動作を制御する。

10

【0271】

バルブ 199 の動作を制御するため、PID 180 は、受容されたスラリー pHSP 186' 及び pH センサー 182 により測定されたスラリー 141' の受容された pH 値 183 に基づいて PID 制御信号 181' を発生する。PID 制御信号 181' は、FF 装置 190 により発生するフィードフォワード (FF) 制御信号 191 と合わせられる。該当分野で理解されるように、前記 FF 制御信号 191 は、吸収塔 132 の上流に位置する SO₂ 分析器 188 から受けた、測定された排煙 114 の流入口 SO₂ 189 を基にして発生する。PID 制御信号 181' 及び (FF) 制御信号 191 は、合計ブロック 192 で合わせられるが、前記合計ブロックは、通常、バルブ 199 と通信する DC S 出力ブロック内に内蔵されて含まれる。合計ブロック 192 を抜け出る合わせられた制御信号は、スラリー流れ設定点 196' として表示される。

20

【0272】

スラリー流れ設定点 196' は、バルブ 199 に伝送される。一般的に、バルブ 199 は、前記バルブを介してスラリー 141' の流れを変更するように、受容されたスラリー流れ設定点 196' を基にしてバルブ 199 の実際開閉を指示するまた他の PID (図示されない) を含む。いずれの場合にも、受容されたスラリー流れ設定点 196' を基にして、バルブ 199 は、スラリー 141' の体積、よって結晶化器 134 に流れるスラリー 240' の体積を増加させたり減少させるために開閉され、前記結晶化器に流れるスラリーは、次いで結晶化器 134 内のスラリーの pH 及び WFGD サブシステム 130' により生産される石膏 160' の品質を変更する。

30

【0273】

何時 MPC 1500 が PID 180 で pH 設定点をリセット / アップデートするか、PID 180 がバルブ 199 で石灰石スラリー流れ設定点をリセット / アップデートするか、そしてそれを行うべきか否かを決定するときに考慮されなければならない要因は、公知の技法を用いて、適用可能なように MPC 1500 及び / 又は PID 180 内にプログラム化されてもよい。当業者に理解されるように、PID 180 の性能及び pH センサー 182 の精度等の要因が一般的にそのような決定において考慮される。

40

【0274】

制御器 1500 A は、pH センサー 182 から受けてスラリー pH 183 で表示される、結晶化器 134 から吸収塔 132 へ流れるスラリー 148' の測定された pH 値を、動的制御モデル 870 内の石膏品質制御アルゴリズム又はルックアップテーブルにより処理することにより pHSP 186' を発生させる。前記アルゴリズム又はルックアップテーブルは、石膏 160' の品質と測定した pH 値 183 との確立した連係を示している。PID 180 は、制御器 1500 A から受信した pH 186' と、pH センサー 182 から受信され、ルックアップテーブルの石灰石アルゴリズムに従ってスラリー pH 183 で示されるスラリー 148' の測定した pH 値との差を処理して、制御信号 181' を生成する。前記アルゴリズム又はルックアップテーブルは、ミキサー / タンク 140 に流れるス

50

ラリー 141' の体積内の変化量と、結晶化器 134 から吸収塔 132 に流れるスラリー 148' の測定された pH 値 183 の変化量の間に成立した関係を示す。恐らく図 16 に示すような実施形態では、粉碎機 170 から混合タンク 140A に流れる粉碎された石灰石 174 の量が個別の制御器（図示されない）により管理されているが、有益である場合には、これは MPCC 1500 により制御されてもよいことに注目する必要がある。さらに、図示されていないが、MPCC 1500 は、必要な場合には、混合タンク 140A 内で添加剤をスラリーに分配することも制御することができる。従って、MPCC 1500 の制御器 1500A から受けた pHSP 186' を基にして、PID 180 はバルブ 199 を開閉させる信号を発生し、これにより新規の石灰石スラリーの結晶化器 134 への流れを増加又は減少させる。前記 PID は、バルブ 199 を介して流れる石灰石スラリー 141' の体積が石灰石スラリー流れ設定値 196' で表示される MVSP と一致するまでバルブ調整の制御を継続する。好ましくは、前記一致がバルブ 199 の一部として含まれた PID（図示されない）により行われることが理解されるであろう。しかし、代替的には、前記一致は、バルブから測定されて再伝送される流れ体積のデータに基づき PID 180 により行われてもよい。

10

【0275】

SO₂ 除去要件遵守の維持

スラリー 148' の pH を制御することにより、MPCC 1500 は、WFGD サブシステムにより生産される石膏副産物 160' の品質とともに SO₂ 含有排煙 114 から SO₂ の除去を制御することができる。新規の石灰石スラリー 141' のバルブ 199 を介した流れを増加させてスラリー 148' の pH を増加させる場合、SO₂ 含有排煙 114 から吸収塔 132 により除去される SO₂ の量が増加するようになる。一方、石灰石スラリー 141' のバルブ 199 を介した流れを減少させる場合、スラリー 148' の pH が低下する。また、結晶化器 134 に流れる吸収された SO₂（これは亜硫酸カルシウムの形態）の量を減少させる場合、より高い割合の亜硫酸カルシウムが結晶化器 134 内で酸化して硫酸カルシウムにされ、石膏品質をより向上させる。

20

【0276】

従って、2つの第1の制御目的の間に緊張が存在するが、その第1の目的は、SO₂ 含有排煙 114 から SO₂ を除去することであり、第2の目的は、所要の品質を有する石膏副産物 160' を生産することである。すなわち、SO₂ 排出要件を満たすことと石膏品質仕様との間に制御対立が存在する場合がある。

30

【0277】

次に、図 17 は、スラリーポンプ 133 及び吸収塔 132 の構造及び動作を詳細に示す。図示するように、スラリーポンプ 133 は、この実施形態でスラリーポンプ（133A、133B 及び 133C）で示される複数の別個のポンプを含み、スラリー 148' を結晶化器 134 から吸収塔 132 にポンプ注入する。前記の図 3 を参照して説明したように、ポンプ（133A～133C）のそれぞれは、スラリーを複数のレベルの吸収塔スラリーのレベルノズル（306A、306B 及び 306C）のうちの異なる 1 つに誘導する。スラリーレベル（306A～306C）のそれぞれは、スラリーを様々なレベルのスラリー噴霧器（308A、308B 及び 308C）のうちの異なる 1 つに誘導する。スラリー噴霧器（308A～308C）はスラリー、この場合には、スラリー 148' をガス流入開口 310 から吸収塔 132 に入る SO₂ 含有排煙 114 内に噴霧して SO₂ を吸収するようにする。清浄排煙 116' は、次いで吸収塔 132 から吸収器流出開口 132 から排出される。また、上記のように、ME 噴霧洗浄水 200 が吸収塔 132 に誘導される。3つの異なるレベルのスラリーノズル及び噴霧器、及び3つの異なるポンプが示されているが、ノズル及び噴霧器の個数及びレベル、及びポンプの個数は、いずれも特定の実装形態により変更可能であることが分かる。

40

【0278】

図 15A に示すように、ポンプ状態数値 1512 は、ポンプ状態制御 1511、例えばオン/オフスイッチから、そしてポンプ負荷数値 1515 は、ポンプ負荷制御 1514、

50

例えばモーターから、動的制御モデルへの入力のためにM P C C 1 5 0 0にフィードバックする。また、図示するように、ポンプ状態設定点1 5 1 3、例えばスイッチオン又はオフの指示は、ポンプ状態制御1 5 1 1に、そしてポンプ負荷設定点1 5 1 6はポンプ負荷制御1 5 1 4に、M P C C 1 5 0 0により供給され、前記状態、例えばオン又はオフ、及びポンプ(1 3 3 A ~ 1 3 3 C)のそれぞれの負荷が制御され、これによりスラリー1 4 8 'がいずれのレベルのノズルでポンプ注入されるか、各レベルのノズルにポンプ注入されるスラリー1 4 8 'の量が制御される。大半の現在のW F G D適用分野では、スラリーポンプ1 3 3が可変性負荷能力を含まないため(単にオン/オフされる)、ポンプ負荷設定点1 5 1 6及び負荷制御1 5 1 4がM P C C 1 5 0 0による使用又は調整のために利用することができない。

10

【0 2 7 9】

図1 7に示すような実装形態のように、ポンプ状態制御1 5 1 1は、各ポンプに対する個別のポンプ状態制御を含み、参照番号1 5 1 1 A、1 5 1 1 B及び1 5 1 1 Cで表示される。同様に、ポンプ負荷制御1 5 1 4は、各ポンプに対する個別のポンプ状態制御を含み、参照番号1 5 1 4 A、1 5 1 4 B及び1 5 1 4 Cで表示される。個別のポンプ状態数値(1 5 1 2 A、1 5 1 2 B及び1 5 1 2 C)は、それぞれポンプ状態制御(1 5 1 1 A、1 5 1 1 B及び1 5 1 1 C)からM P C C 1 5 0 0に供給され、前記スラリーポンプの現在状態を示す。類似のように、個別のポンプ負荷数値(1 5 1 5 A、1 5 1 5 B及び1 5 1 5 C)は、それぞれポンプ負荷制御(1 5 1 4 A、1 5 1 4 B及び1 5 1 4 C)からM P C C 1 5 0 0に供給され、前記スラリーポンプの現在状態を示す。ポンプ状態数値(1 5 1 2 A、1 5 1 2 B及び1 5 1 2 C)を基にして、M P C C 1 5 0 0は予測論理8 5 0を実行してポンプ(1 3 3 A、1 3 3 B及び1 3 3 C)のそれぞれの現在状態を判断し、これにより任意の所与の時点でポンプ配列と呼ばれるものを決める。

20

【0 2 8 0】

上記のように、吸収塔1 3 2に入る排煙1 1 4の流速に対する吸収塔1 3 2に入る液状スラリー1 4 8 'の流速比率は、通常L / Gで特徴付けられる。L / Gは、W F G Dサブシステムにおける主要設計パラメータのうちの1つである。Gで表示される排煙1 1 4の流速がW F G D処理装置1 3 0 'の上流で、通常、電力発電システム1 1 0の操作により設定されるため、これは制御されず、制御されることもできない。しかし、Lで表示される液状スラリー1 4 8 'の流速は、Gの値を基にしてM P C C 1 5 0 0により制御されることができ。

30

【0 2 8 1】

そのための1つの方法は、スラリーポンプ(1 3 3 A、1 3 3 B及び1 3 3 C)の動作を制御することである。個別のポンプは、ポンプ状態設定点(1 5 1 3 A、1 5 1 3 B及び1 5 1 3 C)をポンプ1 3 3 Aのポンプ状態制御1 5 1 1 A、ポンプ1 3 3 Bの1 5 1 1 B及びポンプ1 3 3 Cの1 5 1 1 Cにそれぞれ発行することにより、M P C C 1 5 0 0により制御され、所望のポンプ配列及びこれによりスラリー1 4 8 'が吸収塔1 3 2に入るレベルが得られる。W F G Dサブシステムで利用可能な場合には、M P C C 1 5 0 0はまたポンプ負荷制御設定点(1 5 1 6 A、1 5 1 6 B及び1 5 1 6 C)をポンプ1 3 3 Aのポンプ負荷制御1 5 1 4 A、ポンプ1 3 3 Bの1 5 1 4 B、及びポンプ1 3 3 Cの1 5 1 4 Cにそれぞれ発行し、それぞれの活性ノズルレベルから吸収塔1 3 2に入るスラリー9 1 4 8 'の流れの所望の体積を得ることも可能である。従って、M P C C 1 5 0 0は、スラリー1 4 8 'がいずれのレベルのノズル(3 0 6 A ~ 3 0 6 C)でポンプ注入されているか、また各レベルのノズルでポンプ注入されるスラリー1 4 8 'の量を制御することにより、液状スラリー1 4 8 'の吸収塔1 3 2への流速Lを制御する。ポンプの個数及びノズルのレベルが多いほど、このような制御の粒度(granularity)が大きくなることが分かる。

40

【0 2 8 2】

スラリー1 4 8 'をより高いレベルのノズル、例えばノズル3 0 6 Aでポンプ注入する場合、スラリー噴霧器3 0 8 Aから噴霧されるスラリーがS O₂含有排煙1 1 4と相対的

50

に長期間接触するようになる。これは、次いでより低いスプレーレベルで吸収器に入ってくるスラリーに比べて相対的により多い量の SO_2 が排煙 114 からスラリーにより吸収されるようにする。一方、スラリーをより低いレベルのノズル、例えばノズル 306C でポンプ注入する場合には、スラリー噴霧器 308C から噴霧されるスラリー 148' は、 SO_2 含有排煙 114 と相対的により短い接触期間を有するようになる。これは、相対的に少量の SO_2 が排煙 114 からスラリーにより吸収されるようにする。従って、スラリーがポンプ注入されるノズルのレベルにより、同一量及び組成のスラリー 148' を有しても、より多いかより少ない量の SO_2 が排煙 114 から除去されるようになる。

【0283】

しかし、液状スラリー 148' をより高いレベルのノズル、例えばノズル 306A でポンプ注入することは比較的より多い電力を必要とし、このため液状スラリー 148' をより低いレベルの、例えばノズル 306C 等のノズルでポンプ注入するのに必要なものよりも大きな稼動コストを必要とする。従って、より多い量の液状スラリーをより高いレベルのノズルでポンプ注入して吸収を増加させ、これにより排煙 114 から硫黄を除去することで、WFGDサブシステムの稼動コストが増加する。

【0284】

ポンプ (133A ~ 133C) は極めて大きな回転装置である。このようなポンプは、MPC 1500によりポンプ状態SPを発行することにより自動で又はサブシステム操作者又は他のユーザーによる手動で開始及び停止されることができる。吸収塔 132に入る排煙 114の流速が電力発電システム 110の操作における変化により変更された場合には、動的制御モデル 870により予測論理 850を実行し、制御発生器論理 860を実行するMPC 1500は、スラリーポンプ (133A ~ 133C) の1つ以上の動作を調整するようになる。例えば、排煙流速が設計負荷の50%に低下する場合、MPCは1つ以上のスプレーレベルの吸収塔ノズルでスラリー 148' を現在ポンプ注入しているポンプのうちの1つ以上を停止させる、つまりオフする1つ以上のポンプ状態SP、及び/又は1つ以上のスプレーレベルの吸収塔ノズルでスラリーを現在ポンプ注入しているポンプのうちの1つ以上のポンプ負荷を減少させる1つ以上のポンプ負荷制御SPを発行することができる。

【0285】

さらに、有機酸などの分配器 (図示されない) がミキサー/ポンプ 140の一部として、又は有機酸を工程に直接供給する個別のサブシステムとして含まれている場合は、また、MPC 1500は、又は代替的に、スラリーが排煙から SO_2 を吸収、これにより除去する能力を低下させるため、スラリーに分配される有機酸又はその他の類似の添加剤の量を減少させる制御SP信号 (図示されない) を発行することもできる。このような添加剤は高価であるため、その使用は少なくとも米国内では比較的制限されている。さらに言えば、 SO_2 除去と稼動コストとの間には対立がある。添加剤は高価であるが、添加剤が石膏純度に与える影響は少ないか、あるいは何ら影響を与えずに SO_2 除去率を顕著に向上させることができる。従って、WFGDサブシステムが添加剤注入サブシステムを含む場合には、MPC 1500が機器、工程及び規制制約限度内で可能な限り最低の稼動コストでWFGD工程を動作させるように、他のWFGD工程変数に合わせて添加剤の注入を制御するようにすることが良い。このような添加剤のコストをMPC 1500に入力することで、このコスト要因は動的制御モデルに含まれ、WFGD工程の制御を指示する際に実行される予測論理により考慮されることができる。

【0286】

石灰石の沈床の防止

上記のように、吸収された SO_2 を酸化させて石膏を形成させるためには、吸収塔 132内で SO_2 とスラリー中の石灰石の間に化学反応が必要である。この化学反応中に、酸素が消費されて硫酸カルシウムが形成される。吸収塔 132に入る排煙 114は O_2 が不足しているため、通常、付加的 O_2 が吸収塔 132に流れる液状スラリー内に添加される。

【0287】

次に、図18を参照すれば、扇風機として特徴付けられる送風機150が周囲空気152を圧縮する。得られた圧縮された酸化空気154'は、前記図17を参照して言及したように、結晶化器134に送られ、結晶化器134内で吸収器132にポンプ注入されるスラリーに適用される。結晶化器134内でスラリーに圧縮酸化空気154'を添加すると、結晶化器134から吸収器132に流れる再循環スラリー148'は酸素含量を増大させ、これは酸化反応、そして硫酸カルシウムの形成を容易にする。

【0288】

好ましくは、スラリー148'には過剰量の酸素が存在するが、スラリーにより吸収されたり保持されることが出来る酸素量には上限値があることが分かる。酸化反応を容易にするためには、スラリー中の O_2 を過剰量用いてWFGDを動作させることが好ましい。

10

【0289】

また、スラリー内の O_2 濃度が低すぎると、排煙114中の SO_2 とスラリー148'中の石灰石の間の化学反応が遅れ、結局中止されてしまう。このような現象を石灰石の沈床(limestone blinding)と言う。

【0290】

結晶化器134内で再循環可能なスラリーに溶解される O_2 の量は、測定可能なパラメータではない。よって、動的推定モデル880は、好ましくは、溶解されたスラリー O_2 のモデルを含む。推定論理、例えば動的推定モデル880によりMPC1500の推定機1500Bにより実行される推定論理840は、結晶化器134内で再循環可能なスラリーに溶解された O_2 の推定値を計算する。計算された推定値は、MPC1500の制御器1500Aに伝送され、ここで計算された推定値が動的制御モデル、例えば動的制御モデル870をアップデートするのに適用される。制御器1500Aは、次いで推定された溶解されたスラリー O_2 数値を、MPC1500に入力されている溶解されたスラリー O_2 数値制約と比較する予測論理、例えば予測論理850を実行する。溶解されたスラリー O_2 数値制約は、図15Bに示す制約1555のうちの1つであり、図19に、溶解されたスラリー O_2 要件1926としてより詳細に示されている。

20

【0291】

比較結果に基づき、依然として予測論理を実行する制御器1500Aは、吸収塔132にポンプ注入されるスラリー148'が O_2 が欠乏しないように保障するため、WFGDサブシステム130'の操作に対してどのような調整が必要であるかを判断する。スラリー148'が十分な量の溶解された O_2 を有することを保障することもまた SO_2 排出及び石膏副産物の品質が引き続き所要の排出及び品質的制約を満たすことを保障するのに役に立つということが分かる。

30

【0292】

図15A及び18に示すように、送風機150は、送風機速度制御機構とも呼ばれることがある、結晶化器134への酸化空気の流れを調整することができる負荷制御機構1501を含む。前記負荷制御機構1501は、送風機150の負荷、及びこれにより結晶化器134に入る圧縮された酸化空気154'の量を調整するのに用いられ、このことにより、比較結果の観点からWFGDサブシステム130'の操作に対する任意の必要な調整を容易にする。好ましくは、負荷制御機構1501の動作は、制御器1500Aにより直接制御される。しかし、必要な場合、負荷制御機構1501は、制御器1500Aからの出力値を基にしてサブシステム操作者により手動で制御されることも可能で、操作者が負荷制御機構の適切な手動制御を行うように指示する。いずれの場合にも、比較の結果に従って制御器1500Aは、動的制御モデル870により予測論理850を実行し、結晶化器134に入る圧縮酸化空気154'の量に対する調整が、吸収塔132にポンプ注入されるスラリー148'の O_2 が欠乏しないように保障する必要があるか否かを判断し、保障する必要がある場合には、調整の量を判断する。制御器1500Aは、次いで負荷制御機構1501からMPC1500により受容される送風機負荷数値1502の観点から制御発生器論理、例えば制御発生器論理860を実行し、結晶化器134に入る圧縮酸

40

50

化空気 154' の量を、吸収塔 132 にポンプ注入されるスラリー 148' が O_2 欠乏しないように保障する量に調整するため送風機 150 の負荷を変更するように負荷制御機構 1501 を指示するための制御信号を発生する。

【0293】

既に言及したように、 O_2 欠乏は、熱気が送風機 150 により結晶化器 134 内に強制流入することができる圧縮酸化空気 154' の量を減少させる夏に特に問題になる。制御器 1500A により実行される予測論理 850 は、例えば送風機負荷数値 1502 として MPCC 1500 に入力される送風機 150 の速度又は負荷が、結晶化器 134 に入る圧縮酸化空気 154' の体積を所定量だけ増加させるように調整する必要があるか否かを判断することができる。制御器 1500A により実行される制御発生器論理は、次いで圧縮酸化空気 154' の体積の所望の増加をもたらす送風機負荷 SP 1503 を判断する。好ましくは、送風機負荷 SP 1503 が MPCC 1500 から負荷制御機構 1501 に伝送されるが、前記機構は、送風機負荷 SP 1503 に対応する送風機 150 に対する負荷の増加を指示することにより、石灰石の沈床を防止し、 SO_2 排出及び石膏副産物の品質が適用可能な制約内にあることを保障する。

10

【0294】

送風機 150 の速度又は負荷を増加させる場合、当然送風機の電力消費も増加し、これにより WFGD サブシステム 130' の稼動コストも増加する。このようなコストの増加はまた、好ましくは、WFGD サブシステム 130' の操作を制御しながら MPCC 1500 によりモニターされ、このことで送風機 150 が本当に必要量の圧縮酸化空気 154' を結晶化器 134 内に送るように制御するための経済的動機を提供する。

20

【0295】

図 19 に示すように、単位電力コスト 1906 で示される現在コスト / 電力単位は、好ましくは図 15B に示す非工程入力値 1550 のうちの 1 つとして MPCC 1500 に入力され、動的制御モデル 870 に含まれる。この情報を利用して、MPCC 1500 の制御器 1500A はまた結晶化器 134 への圧縮酸化空気 154' の流れの調整を基にした稼動コストの変化を計算し、サブシステム操作者又は他のユーザーに表示することができる。

【0296】

従って、送風機 150 用量が過剰になった場合には、制御器 1500A は、通常、沈床を防止するための十分さを保障するように、結晶化器 134 への圧縮酸化空気 154' の流れを制御するようになる。しかし、送風機 150 が全荷重 (full load) で動作し、結晶化器 134 に流れる圧縮酸化空気 154' の量が依然として沈床の防止に不十分な場合、つまり吸収塔 132 で吸収される SO_2 すべての酸化のために空気 (酸素) の添加が必要な場合には、制御器 1500A は代替的な制御計画を行う必要がある。これに関して、まず SO_2 がスラリー内に吸収されると、酸化して石膏にされなければならない。しかし、余分の SO_2 を酸化させるための付加的酸素がない場合は、 SO_2 を吸収しないことが一番良いが、その理由は、吸収された SO_2 が酸化されない場合、結果的に石灰石の沈床が発生するためである。

30

【0297】

このような環境で、沈床が発生しないことを保障するため、制御器 1500A が WFGD サブシステム 130' の操作を制御するのに実行され得るもう 1 つの選択仕様を有する。より詳細には、動的制御モデル 870 及び制御発生器論理 860 により予測論理 850 を実行する制御器 1500A は PID 180 を制御し、結晶化器 134 に流れるスラリー 141' の pH レベルを調整し、これにより吸収塔 132 にポンプ注入されるスラリー 148' の pH レベルを制御する。吸収塔 132 にポンプ注入されるスラリー 148' の pH レベルの低下を指示することにより、付加的な余分の SO_2 吸収が減少するようになり、沈床を防止することができる。

40

【0298】

制御器 1500A により実施され得るもう 1 つの代替的な計画は、図 15B に示す制約

50

1555の外部で操作することである。特に、制御器1500Aは、結晶化器134内スラリー148'中のさほど多くはないSO₂が酸化される制御計画を実施してもよい。これにより、結晶化器134内で必要なO₂量が減少する。しかし、このような作用は、代りにWFGDサブシステム130'により生産される石膏副産物160'の純度を低下させる。この計画を採用する場合、制御器1500AがWFGDサブシステム130'の操作を制御するにおいて、1つ以上の制約1555を無視する。好ましくは、制御器は、図19の流出口SO₂許容値要件1922として示される、清浄排煙116'中のSO₂に対する厳しい排出制約を維持し、無視し、図19の石膏純度の要件1924として示される、石膏副産物160'の明示された純度を効果的に下げる。

【0299】

従って、一旦最大送風機用量の限界に到達した場合には、制御器1500Aは、吸収塔132に入るスラリー148'のpHを増加させ、これによりSO₂吸収を排出限界、つまり流出口SO₂許容値要件1922に減少させるように、WFGDサブシステム130'の操作を制御することができる。しかし、SO₂吸収の任意の追加的減少は、流出口SO₂許容値要件1922を犯すようになり、送風機の用量が、除去されるべき吸収されたSO₂のすべてを酸化させるのに必要な量の空気(酸素)を提供するのに不十分な場合には、物理的機器、例えば送風機150及び/又は結晶化器134の規模が縮小され、SO₂除去要件及び石膏純度の両方を満たすことは不可能である。MPC C 1500は、必要な付加的酸素を生成できないため、代替的な計画を考慮しなければならない。このような代替的な計画においては、制御器1500Aは、SO₂除去率の現行のレベルを維持するように、つまり流出口SO₂許容値要件1922を満足し、緩和された石膏純度制約を満たす、つまり流入口の石膏純度要件1924以下の石膏純度要件を満たす石膏を生産するようにWFGDサブシステム130'の操作を制御する。有利なことに、制御器1500Aは、低下された石膏純度の要件と所望の石膏純度も要件1924との間の差を最小化する。また他の代替は、制御器1500Aが上記すべての事項を行うハイブリッド計画によりWFGDサブシステム130'の操作を制御することである。このような代替的制御計画は、MPC C 1500に標準調整パラメータを設定することにより実施されることができる。

【0300】

MPC Cの動作

上記のように、MPC C 1500は、分布制御システム(DCS)内での設備応用のために大規模のWFGDサブシステムを制御することができる。MPC C 1500により制御されることができるパラメータは、ほぼ無制限であるが、好ましくは、(1)吸収塔132に入るスラリー148'のpH、(2)液状スラリー148'を吸収塔132の異なるレベルに伝達するスラリーポンプ配列、及び(3)結晶化器134に入る圧縮酸化空気154'の量のうちの少なくとも1つ以上を含む。周知のように、WFGD工程の制御を指示するためにMPC C 1500により利用される基本的工程関係を含むのは動的制御モデル870である。従って、動的制御モデル870で構築された関係は、MPC C 1500において一次的に重要である。これに対して、動的制御モデル870は、様々なパラメータ、例えばpH及び酸化空気レベルを様々な制約、例えば石膏純度及びSO₂除去レベルと関連づけ、このような関係は、以下に説明されるWFGDサブシステム130'の動的かつ柔軟な制御を許容する。

【0301】

図19は、MPC C 1500の制御器1500Aにより入力されて使われる好適なパラメータ及び制約をより詳細に示す。以下に説明されるが、制御器1500Aは動的制御モデル870により、そして入力されたパラメータ及び制約に基づいて予測論理、例えば予測論理850を実行し、WFGD工程の未来状態を予測してWFGD工程を最適化するようにWFGDサブシステム130'の制御を指示する。次いで、制御器1500Aは、予測論理からの制御指示に従って制御発生器論理、例えば制御発生器論理860を実行し、WFGDサブシステム130'の特定要素を制御する制御信号を発生して発行する。

【0302】

前記図15Bを参照して説明したように、入力されたパラメータには測定された工程パラメータ1525、非工程パラメータ1550、WFGD工程制約1555、及び動的推定モデル880により推定論理、例えば推定論理840を実行するMPC C推定機1500Bにより計算された推定されたパラメータ1560を含む。

【0303】

図19に示す好適な実装形態では、測定された工程パラメータ1525が周囲条件1520、測定された電力発電システム(PGS)の負荷1509、測定された流入口SO₂189、送風機負荷数値1502、測定されたスラリーpH183、測定された流出口SO₂1525、実験室で測定された石膏純度1506、スラリーポンプ状態数値1512及びスラリーポンプ負荷数値1515を含む。WFGD工程制約1555は、流出口SO₂許容値要件1922、石膏純度要件1924、溶解されたスラリーO₂要件1926及びスラリーpH要件1928を含む。非工程入力値1550は、調整係数1902、現在のSO₂クレジット価格1904、現在の単位電力コスト1906、現在の有機酸コスト1908、現在の石膏販売価値1910及び未来の稼働計画1950を含む。推定機1500Bにより計算された推定パラメータ1560は、計算された石膏純度1932、計算された溶解されたスラリーO₂1934及び計算されたスラリーpH1936を含む。非工程パラメータ入力値、例えば現在の単位電力コスト1906を含むことにより、MPC C1500は、工程の現在状態のみを基にするだけでなく、工程外部要素の状態も基にしてWFGDサブシステム130'の制御を指示することができる。

【0304】

付加的SO₂吸収用量の利用可能性の判断

図17を参照して説明したように、MPC C1500は、ポンプ(133A~133C)の状態及び負荷を制御することができ、これによりスラリー148'の流れを吸収塔132の様々なレベルに制御することができる。また、MPC C1500は、現在ポンプ配列及び現在ポンプ負荷数値(1515A~1515C)を基にしてポンプ(133A~133C)の現在電力消費を計算することができ、付加的に計算された電力消費及び現在単位電力コスト1906を基にしてポンプに対する現在稼働コストを計算することも可能である。

【0305】

MPC C1500は、好ましくは、ポンプ(133A~133C)の利用可能な付加的用量を判断するため、現在ポンプ状態数値(1512A~1512C)及び現在ポンプ負荷数値(1515A~1515C)を基にして動的制御モデル870により予測論理850を実行するように構成される。MPC C1500は、次いで利用可能な付加的ポンプ用量の判断された量を基にしてポンプの動作を調整することにより、例えばポンプ配列を変えるようにポンプを調整したり、ポンプへの電力を増加させることで、除去できるSO₂の付加的量を判断する。

【0306】

除去に利用可能なSO₂の付加的量の判断

上記のように、センサー188により検出された測定された流入口SO₂組成189に加えて、電力発電システム(PGS)110の負荷1509は、好ましくは、負荷センサー1508により検出され、また測定されたパラメータとしてMPC C1500に入力される。PGS負荷1509は、例えば消費する石炭のBTUの測定値、又は電力発電システム110により発電する電力量を示すことができる。しかし、PGS負荷1509はさらに、他のパラメータ測定が流入口排煙負荷に合理的に相応する場合、例えば石炭燃焼電力発電システム又は工程の一部パラメータがWFGDサブシステム130'に送られる流入口排煙の量に合理的に相応する場合には電力発電システム110又は関連の電力発電工程の他のパラメータを示すことも可能である。

【0307】

MPC C1500は、好ましくは、PGS負荷1509に相応する吸収塔132におけ

る流入口排煙負荷、つまり流入口排煙 1 1 4 の体積又は質量を判断するため、動的制御モデル 8 7 0 により予測論理 8 5 0 を実行するように構成される。M P C C 1 5 0 0 は、例えば P G S 負荷 1 5 0 9 を基にして吸収塔 1 3 2 における流入口排煙負荷を計算することができる。代替として、P G S 負荷 1 5 0 9 は自体で流入口排煙負荷の役割をすることもでき、この場合には計算が不要である。いずれの場合にも、M P C C 1 5 0 0 は、その後測定された流入口 S O₂ 組成 1 8 9、流入口排煙負荷、及び測定された流出口 S O₂ 1 5 0 5 を基にして排煙 1 1 4 からの除去に利用可能な S O₂ の付加的量を判断することになる。

【 0 3 0 8 】

流入口排煙負荷は、必要な場合には、直接測定され M P C C 1 5 0 0 に入力できることが理解できる。すなわち、吸収塔 1 3 2 に送られる流入口排煙 1 1 4 の体積又は質量の実際測定値は、場合により吸収塔 1 3 2 の上流及び他の A P C サブシステム 1 2 2 の下流に位置するセンサー（図示されない）により感知され、M P C C 1 5 0 0 に供給されることができる。このような場合、M P C C 1 5 0 0 が P G S 負荷 1 5 0 9 に対応する流入口排煙負荷を判断する必要がないこともある。

【 0 3 0 9 】

モーメント及び連続平均 S O₂ 除去制約

図 1 2 を参照して説明したように、工程履歴データベース 1 2 1 0 は、例えば図 8 を参照して説明したように、S O₂ 排出履歴データベース 8 9 0 を含む。工程履歴データベース 1 2 1 0 は、M P C C 1 5 0 0 に相互接続されている。M P C C 1 5 0 0 は、例えば図 8 に示す種類であってもよく、あるいは多段階種類の制御器、例えば図 1 0 に示すような 2 段階の制御器であってもよい。

【 0 3 1 0 】

S O₂ 排出履歴データベース 8 9 0 は、最後の連続平均期間における S O₂ 出力を示すデータを保存するが、S O₂ の組成の側面のみならず排出された S O₂ のパウンド側面のデータを保存する。従って、S O₂ 分析器 1 5 0 4 から測定された流出口 S O₂ 1 5 0 5 の入力により現在 S O₂ 排出量を示す情報にアクセスすること以外にも、M P C C 1 5 0 0 は、工程履歴データベース 1 2 1 0 に相互接続されることにより S O₂ 排出履歴データベース 8 9 0 により最後の連続平均時間窓における S O₂ 出力、つまり測定された流出口 S O₂ を示す履歴情報にアクセスすることができる。現在 S O₂ 排出量は、単一数値に相対するのに対し、最後の連続平均時間窓における S O₂ 排出量は、適用可能な期間における S O₂ 出力の動的移動に対応することが分かる。

【 0 3 1 1 】

付加的 S O₂ 酸化用量の利用可能性の判断

図 1 9 で説明したように、M P C C 1 5 0 0 への入力値は、(1) 流出口 S O₂ 1 5 0 5、(2) 結晶化器 1 3 4 に入る酸化空気量の量に対応する、測定された送風機負荷 1 5 0 2、(3) スラリーポンプ状態数値 1 5 1 2、つまりポンプ配列、及び吸収塔 1 3 2 に流れる石灰石スラリーの量に対応するスラリーポンプ負荷数値 1 5 1 5、(4) 吸収塔 1 3 2 に流れるスラリーの測定された p H 1 8 3 の測定された数値である。さらに、M P C C 1 5 0 0 への入力値は、(1) 石膏副産物 1 6 0 ' の純度 1 9 2 4、(2) 十分な酸化を保障し、石灰石の沈床防止に必要な、スラリーに溶解された O₂ の量に対応する、結晶化器 1 3 4 内のスラリーに溶解された O₂ 1 9 2 6、及び(3) W F G D サブシステム 1 3 0 ' を抜け出る排煙 1 1 6 ' 中の流出口 S O₂ 1 9 2 2 に対する限界要件である。今日では、流出口 S O₂ 許容値の要件 1 9 2 2 が通常モーメント S O₂ 排出量及び連続平均 S O₂ 排出量の両方に対する制約を含む。また、M P C C 1 5 0 0 への入力値は、(1) 単位電力のコスト 1 9 0 6、例えば電気一単位のコスト、及び(2) 前記規制クレジットが販売される値段を示す、S O₂ クレジット価格 1 9 0 4 の現在及び / 又は予想数値を含む非工程入力値である。また、M P C C 1 5 0 0 は、(1) 石膏副産物 1 6 0 ' の現在純度 1 9 3 2、(2) 結晶化器 1 3 4 内のスラリーに溶解された O₂ 1 9 3 4、及び(3) 吸収塔 1 3 2 に流れるスラリーの p H 1 9 3 6 の推定値を計算する。

【 0 3 1 2 】

動的制御論理により予測論理を実行するM P C C 1 5 0 0は、このようなパラメータを演算して吸収塔 1 3 2 内でスラリーにより反応する SO_2 の量を判断する。この判断に基づき、M P C C 1 5 0 0は、次いで硫酸カルシウムを形成するための亜硫酸カルシウムの酸化反応のために結晶化器 1 3 4 内のスラリーに利用可能に残存する溶解されない O_2 の量を判断する。

【 0 3 1 3 】

付加的な利用可能な用量を適用することに関する判断

M P C C 1 5 0 0が、付加的 SO_2 を吸収して酸化させるときに付加的用量が利用可能であり、除去に利用可能な付加的 SO_2 があると判断した場合には、M P C C 1 5 0 0もまた好ましくは、排煙 1 1 4 から付加的な利用可能な SO_2 を除去する稼動を調整するためにW F G Dサブシステム 1 3 0 'を制御するか否かを判断するために、動的制御モデル 8 7 0 により予測論理 8 5 0 を実行するように構成される。これを決定するために、M P C C 1 5 0 0は、例えばそのような SO_2 クレジットの生成及び販売がW F G Dサブシステム 1 3 0 '稼動の収益性を増加させるか否かを判断するが、その理由は、付加的 SO_2 を適用可能な政府の規制当局により許可された稼動許容値で要求される基準を超過して、つまり流出口 SO_2 許容値要件 1 9 2 2 で要求されることを超過して除去し、これにより得られる規制クレジットを販売するように稼動を変更することがより利益になるためである。

10

【 0 3 1 4 】

特に、動的制御モデル 8 7 0 により予測論理 8 5 0 を実行するM P C C 1 5 0 0は、 SO_2 の除去を増加させるためにW F G Dサブシステム 1 3 0 'の稼動で必要な変化を判断するようになる。この判断に基づき、M P C C 1 5 0 0はまたこれにより得られる付加的規制クレジットの数を判断する。決められた稼動変化及び現在又は予想される電気コスト、例えば単位電力コスト 1 9 0 6 を基にして、M P C C 1 5 0 0は結果的に必要と判断されたW F G Dサブシステム 1 3 0 'の稼動における変化により要求される付加的電気コストを付加的に判断するようになる。このような後者の判断及び現在又は予想されるそのようなクレジットの価値、例えば SO_2 クレジット価格 1 9 0 4 を基にして、M P C C 1 5 0 0は、付加的規制クレジットを生成するコストがそのようなクレジットが販売できる価値より大きいかが否かをさらに判断するようになる。

20

30

【 0 3 1 5 】

ここで、クレジット価格がより低い場合は、付加的クレジットの生成及び販売が有利でない場合もある。むしろ、政府の規制当局により許可された適用可能な稼動許容値を満たすのに必要な最低レベルで SO_2 を除去する方がコストを最小化することができ、これにより、W F G Dサブシステム 1 3 0 '稼動の収益性を最大化することになるが、その理由は、政府の規制当局により許可された適用可能な稼動許容値の流出口 SO_2 許容値要件 1 9 2 2 を最小限に満たすのに必要な SO_2 の量のみを除去する方がより利益になるためである。たとえ、W F G Dサブシステム 1 3 0 'の現在の操作においてクレジットが既に生成されている場合は、M P C C 1 5 0 0はさらには SO_2 除去を低下させ、これにより追加的 SO_2 クレジットの生成を中止して電気コストを削減させ、その結果、稼動の収益性が増加するように、W F G Dサブシステム 1 3 0 'の稼動に変更を指示することも可能である。

40

【 0 3 1 6 】

稼動順位の設定

図 1 9 に示されているように、M P C C 1 5 0 0は、好ましくは、調整係数 1 9 0 2 を非工程入力 1 5 5 0 のまた他の部類として受容するように構成される。動的制御モデル 8 7 0 及び調整係数 1 9 0 2 に従って予測論理 8 5 0 を実行するM P C C 1 5 0 0は、例えば制御変数それぞれに対する加重値を用いて制御変数に対する優先順位を設定することができる。

【 0 3 1 7 】

50

この場合、好ましくは、制約 1 5 5 5 は、適切な場合、各々の制約されたパラメータの限界に対して要求される範囲を決めるようになる。これにより、例えば流出口 SO_2 許容値要件 1 9 2 2、石膏純度要件 1 9 2 4、溶解された O_2 要件 1 9 2 6 及びスラリー pH 要件 1 9 2 8 は、それぞれ上限値及び下限値を有するようになり、M P C C 1 5 0 0 は、調整係数 1 9 0 2 に基づいた範囲内で W F G D サブシステム 1 3 0 ' の稼動を維持するようになる。

【 0 3 1 8 】

未来 W F G D 工程の評価

予測論理 8 5 0 を実行する M P C C 1 5 0 0 は、上記で説明したように、動的工程モデル 8 7 0 に従い、最初に、現在の工程稼動状態を評価することが好ましい。しかし、評価はそこで終わる必要はない。M P C C 1 5 0 0 は、動的工程モデル 8 7 0 に従い予測論理 8 5 0 を実行するように構成し、W F G D サブシステム 1 3 0 ' の稼動に変更を加えない場合に、工程稼動がいずれに移動するのかを評価する。

【 0 3 1 9 】

より詳細には、M P C C 1 5 0 0 は、動的制御モデル 8 7 0 及び工程履歴データベース 1 2 1 0 内で記憶された履歴工程データ内の関係を基にして工程稼動の未来状態を評価する。前記履歴工程データは、ある所定期間における SO_2 履歴データベース内のデータのみならず、W F G D 工程内で以前に発生したのを示すその他のデータを含む。この平価の一部として、M P C C 1 5 0 0 は、W F G D サブシステム 1 3 0 ' が動作している現在の経路を判断し、これにより稼動に変化が生じない場合は、W F G D 工程に関わる様々なパラメータの未来数値を判断する。

【 0 3 2 0 】

当業者には理解されているが、M P C C 1 5 0 0 は、好ましくは前記言及したものと類似の方式で、付加的 SO_2 吸収用量の利用可能性、除去に利用可能な SO_2 の付加的量、付加的 SO_2 酸化用量の利用可能性、及び決められた未来パラメータ数値に基づいて付加的利用可能な用量を適用するかを判断する。

【 0 3 2 1 】

W F G D サブシステム稼動のための稼動計画の実施

M P C C 1 5 0 0 は、土台となる工程モデル及びその工程モデルの工程制御関係に影響を与えずに複数の稼動計画を実行するプラットフォームとして使用されてもよい。M P C C 1 5 0 0 は、稼動目標を定める目的関数を使用する。前記目的関数は、工程モデル内関係の側面から工程に関する情報を含むが、調整係数、又は加重値も含む。工程モデルを通じた目的関数で表される工程関係は固定されている。調整係数は、制御機の各実行前に調整されてもよい。工程の限界又は制約に支配される制御機アルゴリズムは、前記目的関数の最適値を決めるために目的関数の数値を最大化したり、最小化することができる。工程数値のための最適稼動目標は制御機において、目的関数に対する最適解決策から利用可能である。目的関数で調整係数、又は加重値を調整すれば、目的関数の数値が変わり、そのため最適解決策が変わる。目的関数調整定数を設定する適切な基準又は計画を適用することにより、M P C C 1 5 0 0 を用いて様々な稼動計画を実行することが可能である。より一般的に使用される稼動計画の一部は、以下のようなものを含んでもよい：

- ・ 資産最適化（利益最大化 / コスト最小化）、
- ・ 汚染物質除去の最大化、
- ・ 制御問題で操作された変数の移動を最小化

【 0 3 2 2 】

W F G D サブシステム稼動の最適化

所望の稼動基準及び適切に調整された目的関数及び調整係数 1 9 0 2 を基にして、M P C C 1 5 0 0 はまず W F G D サブシステム 1 3 0 ' のための長期稼動目標を確立するため、適切な入力又は計算されたパラメータに基づき、動的工程モデル 8 7 0 により予測論理 8 5 0 を実行する。M P C C 1 5 0 0 は、次いで操作された変数及び制御された変数の両方に対し、工程変数の現在状態からこのような工程変数のために確立されたそれぞれの長

期稼働目標に達する最適過程、例えば最適軌跡及び経路に対する詳細計画を確立するようになる。

【0323】

M P C C 1 5 0 0 は、次いで確立された長期稼働目標及び最適過程詳細計画に従って W F G D サブシステム 1 3 0 ' の稼働を変更するように制御指示を発する。最終的に、制御発生器論理 8 6 0 を実行する M P C C 1 5 0 0 は、前記制御指示に従って W F G D サブシステム 1 3 0 ' に制御信号を発生して通信する。

【0324】

従って、M P C C 1 5 0 0 は、所望の目標定常状態を決めるため、動的制御モデル 8 7 0 及び現在の測定されたパラメータ及び計算されたパラメータデータにより選択された目的関数、例えば現在の電気コスト又は規制クレジット価格を基にして選択されたものに従って、W F G D サブシステム 1 3 0 ' の稼働の第 1 の最適化を行う。M P C C 1 5 0 0 は、次いで工程変数を現在状態から所望の目標定常状態まで移動させる動的経路を決めるため、動的制御モデル 8 7 0 及び工程履歴データに従って W F G D サブシステム 1 3 0 ' の稼働の第 2 の最適化を行う。有利なことに、M P C C 1 5 0 0 により実行される予測論理は、動的経路に沿って各地点で各工程変数の所望の目標状態と各工程変数の実際の現在状態との間の誤差又は脱離を最小化しながら、工程変数を各工程変数の所望の目標状態に迅速かつ現実的に移動させるため、M P C C 1 5 0 0 による W F G D サブシステム 1 3 0 ' の稼働の制御を容易にする経路を決める。

【0325】

従って、M P C C 1 5 0 0 は、工程変数が現在時点 T_0 における現在状態から T_{ss} における目標定常状態まで移動する期間中に、現在時点 (T_0) のみならずすべての他の時点に対しても制御問題を解決する。これは、工程変数の移動が現在状態から目標定常状態までの全体経路を横切る間にずっと最適化されるようにする。これは、次いで通常の W F G D 制御機、例えば背景技術で言及した P I D を用いた工程パラメータの移動に比べて付加的な安定性を提供する。

【0326】

W F G D サブシステムの最適化された制御は、工程関係が動的制御モデル 8 7 0 で実現されるため、そして目的関数又は非工程入力値、例えば経済的入力値又は変数の調整を変更するのが前記関係に影響を与えないため可能である。従って、一旦、動的制御モデルが確認されたら、M P C C 1 5 0 0 が、異なる非工程条件を含んで異なる条件で工程レベルの追加的考慮なしにも、W F G D サブシステム 1 3 0 ' 、これにより W F G D 工程を制御する方式を操作したり、変更することが可能である。

【0327】

再び図 1 5 A 及び図 1 9 を参照すれば、W F G D サブシステム 1 3 0 ' の制御の例は、 SO_2 クレジットを最大化する目的関数に関して、そして W F G D サブシステム稼働の収益性を最大化したり、損失を最小化する目的関数に関して記載される。当業者は、その他の稼働シナリオのための調整係数を生成することにより、W F G D サブシステムの他の制御可能なパラメータを最適化、最大化又は最小化することが可能であることが理解できる。

【0328】

SO_2 クレジットの最大化

SO_2 クレジットを最大化するために、M P C C 1 5 0 0 は、調整定数が SO_2 クレジットを最大化するように設定された目的関数を有する動的制御モデル 8 7 0 に従って予測論理 8 5 0 を実行する。W F G D 工程の観点から、 SO_2 クレジットを最大化するためには、 SO_2 の回収を最大化する必要があることが分かる。

【0329】

目的関数に入力される調整定数は、目的関数が、互いに相対的な SO_2 出力に対して操作された変数変化の効果のバランスをとるようにする。

【0330】

最適化の最終結果は、M P C C 1 5 0 0 が以下のものを増加させることになる：

- ・スラリー pH 設定点 1 8 6 ' の増加による S O ₂ 除去、及び
- ・回収される付加的 S O ₂ に対して補償するために送風機酸化空気 1 5 4 ' を増量
- ・以下に対する制約の支配：

・石膏純度制約 1 9 2 4 に対する低い限界。これは、通常石膏純度の要件 1 9 2 4 内で石膏純度の最低許容可能な限界を少し超過する安全マージンを提供する数値であることが分かる。

- ・所要の酸化空気 1 5 4 ' に対する低い限界、及び
- ・酸化空気送風機 1 5 0 の最大用量。

【 0 3 3 1 】

また、M P C C 1 5 0 0 がポンプ 1 3 3 配列を調整するように許容される場合、M P C C 1 5 0 0 はポンプ 1 3 3 配列及び負荷に対する制約の支配を受けるスラリー循環及び有効スラリーの高さを最大化ようになる。

【 0 3 3 2 】

このような稼動シナリオにおいて、M P C C 1 5 0 0 は、S O ₂ クレジットを発生させるために、S O ₂ 除去率を増加させるためすべてを集中する。M P C C 1 5 0 0 は、石膏純度 1 9 2 4 及び酸化空気の要件等の工程制約を尊重する。しかし、このシナリオは、電力のコスト / 価値に対する S O ₂ クレジットの価値のバランスをとるようにすることはない。このシナリオは、S O ₂ クレジットの価値が電力のコスト / 価値を著しく超過する場合に適している。

【 0 3 3 3 】

収益性の最大化又は損失の最小化

M P C C 1 5 0 0 における目的関数は、収益性を最大化したり損失を最小化するように設定される。このような稼動シナリオは、資産の最適化のシナリオとも呼ばれる。また、このシナリオは、電力、S O ₂ クレジット、石灰石、石膏、及び有機酸等の任意の添加剤に対する正確な最新のコスト / 価値情報を必要とする。

【 0 3 3 4 】

制御機モデルで変数各々に関わるコスト / 価値係数が目的関数に入力される。次いで、M P C C 1 5 0 0 の目的関数は、コストを最小化したり / 利益を最大化するように指示される。利益がネガティブコストとして定義される場合、コスト / 利益は、最小化させる目的関数に対して連続関数になる。

【 0 3 3 5 】

このようなシナリオにおいて、目的関数が、付加的 S O ₂ クレジットを発生させることによる限界価値 (marginal value) が前記クレジットを発生させる限界コスト (marginal cost) と等しくなる時点での最小コスト稼動を判別する。前記目的関数は、制約のある最適化であるため、最小化されたコスト解決策は、以下に対する制約の支配を受けることが分かる：

- ・最小 S O ₂ 除去率 (排出許容値 / 目標値遵守のため)、
- ・最小石膏純度、
- ・最小酸化空気要件、
- ・最大送風機負荷、
- ・ポンプ配列及び負荷限界、
- ・添加剤限界。

【 0 3 3 6 】

このような稼動シナリオは、電気価値 / コスト及び S O ₂ クレジットの価値 / コストの両方において変化に敏感である。最大の利益のためには、このようなコスト係数は、リアルタイムでアップデートされなければならない。

【 0 3 3 7 】

例えば、コスト係数が各制御機 1 5 0 0 A の実行前にアップデートされると仮定する場合、電気消費が昼間に増加するため、発電される電力の現在価値もまた増加する。本設備

10

20

30

40

50

において、付加的電力を前記現在価値で販売するのが可能であり、 SO_2 クレジットの価値が現時点として本質的に固定されていると仮定する場合は、もし最小 SO_2 除去率を依然として維持しながらポンプ 133 及び送風機 150 からグリッド (grid) に電力を移送させる方法があれば、付加的電力をグリッドに移送させる相当の経済的動機が発生する。MPC 1500 の目的関数中の電力に関わるコスト / 価値係数は、前記の現時点の価格が変わることにより変わり、前記目的関数は、稼働制約は満たすとともに、電力を少なく使用する新しい解決策に到達することができる。

【0338】

一方、 SO_2 クレジットの現時点の価格が増加し、付加的 SO_2 クレジットのための市場が存在し、電力のコスト / 価値が比較的一定である場合には、MPC 1500 の目的関数は、稼働制約に支配される SO_2 除去率を増加させることによりこのような変化に反応するようになる。

【0339】

例示的 2 つのシナリオにおいて、MPC 1500 は、すべての稼働制約を観察した後、MPC 1500 の目的関数は、 SO_2 クレジットの限界価値がクレジットを発生させるのに必要な限界コストと同等になる最適稼働地点を検出するようになる。

【0340】

実行不可能な稼働

時々、WFGD サブシステムに対して、実行可能な解決策のない制約 1555 及び稼働条件、つまり測定された条件 1525 及び推定された条件 1560 のセットが与えられる場合がある。すなわち、図 5 A 及び図 5 B に示すような実行可能な稼働の区域 525 が空いている空間である。このような事が発生する場合には、いずれの解決策もシステムに対する制約 1555 をすべてを満たすことができない。このような状況を「実行不可能な稼働」として定義することができるが、その理由は、システムに対する制約を満たすことが実行不可能なためである。

【0341】

実行不可能な稼働は、WFGD の能力外の稼働、WFGD 又は WFGD の上流における間違った工程の結果である場合もある。また、WFGD 及び MPC 1500 システムに対する厳しすぎる、不適切な、及び / 又は不正確な制約 1555 の結果である場合もある。

【0342】

実行不可能な稼働の期間中には、MPC 1500 の目的関数が加重された誤差を最小化する目的に集中する。各工程制約 1555 が目的関数に表れる。加重項目が各誤差、又は制御された / 目標された工程数値による制約境界の違反事項に適用される。制御機 1500 A が動作する間、目的関数が実行不可能な稼働期間中により重要な制約を尊重するために、最低加重制約に対して放棄するように、実行エンジニア (implementation engineer) が誤差加重項目に対して適切な値を選択する。

【0343】

例えば、WFGD サブシステム 130' では、流出口 SO_2 1505 に関わる規制許容値限界及び石膏純度 1506 に関わる販売仕様がある。 SO_2 排出許容値の違反は、罰金及びその他の相当な結果をもたらす。石膏純度販売仕様の違反は、石膏製品の等級下向又は再混合である。製品の等級下向は、好適な選択ではないが、排出許容値の違反よりは発電ステーションの稼働可能性には影響を少なく与える。従って、調整係数は、 SO_2 排出限界に対する制約が石膏純度に対する制約よりさらに大きな重要性、さらに大きな加重値を持つように設定される。従って、実行不可能な稼働期間中には、このような調整係数において、MPC 1500 の目的関数は、優先的に SO_2 排出量を SO_2 排出限界以下に維持し、石膏純度制約を違反するようにする。すなわち、MPC 1500 は、石膏純度制約の違反を最小化するが、さらに重要な排出限界を維持するために、実行不可能性をその変数に適用させる。

【0344】

制御決定について稼働者に通知

また、好ましくは、M P C C 1 5 0 0 は、特定 M P C C 1 5 0 0 の決定事項に対して稼働者に通知するように設定される。ここでも同様に、予測論理 8 5 0、動的制御モデル 8 7 0 又はその他のプログラムを使って M P C C 1 5 0 0 がそのような通知を行うように設定することができる。例えば、M P C C は、稼働者又は他のユーザーが M P C C 1 5 0 0 の特定の決定事項、例えば S O₂ クレジットの価値が高くて特定の時点では石膏品質の維持が低い優先順位に置かれるという決定事項などについて分かるように、アラームを発したり、文字や画像ディスプレイで表示するように指示する機能を有することができる。

【 0 3 4 5 】

W F G D 要約

要約すれば、上記で詳述したように、W F G D 工程のための最適化基盤制御について説明した。この制御は、工程フィードバックを用いてアップデートされる多重入力、多重出力モデルの最適化に基づいて、W F G D 工程に対する設定点のリアルタイム操作を容易にする。前記最適化は、工程のための複数の目的及び制約を考慮してもよい。このような制御がない場合、操作者は、W F G D に対する設定点を決めなければならない。工程の複雑性のため、操作者は、複数の制約と目的とのバランスをとるために、しばしば準最適設定点を選択する。準最適設定点 / 稼働は、除去効率の損失、稼働コストの上昇及び品質的制約への違反の可能性をもたらす。

【 0 3 4 6 】

石膏純度に対する仮想のオンライン分析についても説明した。前記分析は、測定された工程変数、実験室分析及び石膏純度に対する動的推定モデルを用いて W F G D 工程により生産される石膏副産物の純度のオンライン推定値を計算する。W F G D 工程により生産される石膏純度に対するオンラインセンサーが従来より利用不可能であるため、従来からオフライン実験室分析が石膏純度を判断するのに使われる。しかし、石膏純度はたまに試験され、純度は通常、石膏仕様で設定された制約の上位に維持されなければならないため、工程操作者はしばしば石膏純度が要求される制約よりはるかに上位として算出されるようにする、W F G D 工程に対する設定点を使用する。その代りに S O₂ 除去効率が犠牲にされたり、W F G D サブシステムによる不要な電力消費をもたらす。石膏純度をオンラインで推定することにより、W F G D 工程に対する設定点は、石膏純度が純度制約に近接するのを保障するように制御されることができ、これにより S O₂ 除去効率の増加が促進される。

【 0 3 4 7 】

また、前記で説明したように、石膏純度の仮想オンライン分析は、制御ループで行われ、モデル予測制御 (M P C) が利用される場合にも、又は P I D 制御が利用される場合にも、推定値がフィードバック制御に含まれるようにする。フィードバックを制御ループに提供することにより、S O₂ 除去効率は、純度が適用可能な純度制約により近接した石膏を生産するように稼働されるときに増加されることができ。

【 0 3 4 8 】

付加的に前記で説明されたのが稼働コストに対する仮想オンライン分析である。開示したように、前記分析は、W F G D 工程データを含めて現在の市場価値データを利用して W F G D 工程の稼働コストをオンラインで計算する。一般的に操作者は、W F G D 工程の現在稼働コストを考慮しない。しかし、このようなコストをオンラインで計算することにより、操作者は、稼働コストに対する工程変更、例えば設定点の変更の効果を追跡できる能力を持つことになる。

【 0 3 4 9 】

また、M P C が利用される場合、又は P I D が利用される場合にも、稼働コストの仮想オンライン分析を制御ループで行い、推定値がフィードバック制御に含まれるようにすることが開示された。このフィードバック制御は、このようにすることにより稼働コストを最小化するように実行されることができ。

【 0 3 5 0 】

10

20

30

40

50

また、最大 SO_2 除去効率、最小稼動コスト及び／又は制約より上位の所望の石膏純度のために、WFGD工程の稼動を最適化するようにMPC制御を適用する技法について説明した。このような制御は、前記で言及したように、フィードバックループ内で石膏純度及び／又は稼動コストの仮想分析のメリットを取ることができ、例えば SO_2 除去効率及び／又はWFGD工程に対する稼動コストの自動最適化が可能である。

【0351】

また、前記で必要なパラメータ及び選択的なパラメータについて説明した。開示されたパラメータを用いて、当業者は、適用可能なWFGD工程の適切なモデルを展開するためによく知られている技法を日常的な方式で適用することができ、前記モデルは、次いでWFGD工程の稼動を最適化するため、例えばWFGD工程を制御するMPC C1550により用いられてもよい。モデルは、石膏純度、 SO_2 除去効率及び／又は稼動コストのみならず、様々なその他の要素について展開されることができる。WFGD工程を最適化するために、通常のMPC又はその他の論理が、本願発明に記載された原理、システム及び工程により構築されたWFGD工程モデルに従って実行されることができる。従って、例えば、単一の入力／単一の出力構造に限定され、工程モデルよりは工程フィードバックに厳格に依存するPIDを使用する通常のWFGD工程制御の限界が克服できる。モデルをフィードバックループに含ませることにより、WFGD工程制御は、例えば以前よりも可変性が低くなり、稼動を制約により近いところに維持するように、一段と向上されることができる。

10

20

【0352】

WFGD工程のための神経回路網基盤モデルの適用についてWFGD工程の工程制御及び仮想オンラインと関連づけて説明した。前記で説明したように、WFGD工程の入力に対する出力関係は、非線形関係を表すため、非線形モデルを使用することが有利であるが、これはそのようなモデルが工程の非線形性を最もよく表すためである。また、WFGD工程からの経験的データを用いて誘導されたその他のモデルの構築についても説明した。

【0353】

WFGD工程の制御及び仮想分析のための、第1原理及び経験的工程データの両方を考慮する組合せモデルの適用についても詳細に説明した。WFGD工程の一部要素はよく理解され、第1原理モデルを利用してモデル化できる一方、他の要素はあまり理解されず、これにより経験的工程履歴データを利用して最も便利にモデル化されることができる。第1原理及び経験的工程データの組合わせを利用して、工程のすべての要素に対して段階試験を経る必要なく、正確なモデルが速かに展開されることができる。

30

【0354】

前記でWFGD工程で使われるセンサー測定値を確認する技法についても説明した。確認されない測定値を代替することにより、WFGD工程の不正確なセンサー測定値による不適切な制御を避けることができる。良好でない測定値を確認して取り替えることにより、WFGD工程は、正確な工程数値を基にして連続的に稼動されることができる。

【0355】

また、連続排出の制御について詳細に説明した。従って、この開示内容の観点から、WFGD工程は、工程に対する1つ以上の複数の連続排出の平均が適切に維持されるように制御されることができる。工程の制御のために、MPCが単一制御機又は複数の多段階制御機を用いて実施されてもよい。前記技法を利用して、WFGD工程は、例えば複数の連続平均が同時に考慮されて維持され、同時に稼動コストが最小化されるように制御されることができる。

40

【0356】

SCRサブシステム構造：

本発明のその他の環境及び実施形態に対する有用性を立証するため、MPC CのSCRへの適用に対するハイライトを記載する。SCRのための主要制御目的は、以下のようなものを含む：

- ・ NO_x 除去 - 規制の遵守又は資産最適化のために目標される

50

- ・アンモニアスリップの制御、及び
- ・最小コスト稼動 - S C R 触媒の管理及びアンモニア使用。

【 0 3 5 7 】

もう一度、W F G D に対して言及されたのと類似の測定及び制御方法論を利用してもよい。

【 0 3 5 8 】

測定：言及されたように、アンモニアスリップは頻繁には測定されない重要な制御パラメータである。アンモニアスリップの直接的な測定がない場合、流入口及び流出口 N O x の測定値 (2 1 1 2 及び 2 1 1 1) 及び S C R 2 0 1 2 へのアンモニア流れからアンモニアスリップを計算することができる。この計算の精度には疑わしいものがあるが、その理由は、計算が正確で反復可能な測定値を要求し、大きい数字間の小さな差異を評価することを含むためである。アンモニアスリップの直接的な測定なしに、信頼度がさらに高いアンモニアスリップ推定値を生成するため、アンモニアスリップの直接的な計算の他に仮想オンライン分析器技法が用いられる。

【 0 3 5 9 】

V O A における第 1 段階は、触媒能力 (反応係数) 及び S C R 触媒全体に対する空間速度相関関係変化量 (S V C V) を推定する。これらは、流入口排煙流れ、温度、触媒の総作動時間及び流入口 N O x 及び流出口 N O x の量を利用して計算される。触媒能力及び S V C V の両方の計算は、一定数のサンプルにおいて時間平均を出す。触媒能力は徐々に変化し、前記能力を計算するのに多くのデータポイントが使われるが、S V C V はさらに頻繁に変化して比較的少ないデータポイントが S V C V の計算に使われる。触媒能力 (反応係数) 、空間速度相関関係変化量 (S V C V) 、及び流入口 N O x が与えられれば、図 9 に示すような技法を利用してアンモニアスリップの推定値が計算されることができる。

【 0 3 6 0 】

アンモニアスリップハードウェアセンサーが利用可能である場合には、自動で V O A にバイアス (b i a s) を与えるために、そのようなセンサーから工程モデルへのフィードバックループが使われるようになる。V O A は、ハードウェアセンサーの通常ノイズの多い出力信号を著しく減少させるために使われる。

【 0 3 6 1 】

最後に、S C R の稼動コストに対して仮想オンライン分析器を使用してもよいことが分かる。前のセクションで開示されたように、稼動コストに対するモデルは第 1 原理により展開される。稼動コストは、仮想オンライン分析器を用いてオンラインで計算することができる。同様に、図 9 に示す技法が V O A に用いられる。

【 0 3 6 2 】

制御：制御目的を果たすために、M P C C が S C R 制御問題に適用される。図 8 と類似している図 2 2 は、S C R M P C C 2 5 0 0 のための M P C C 構造を示している。図 8 と類似していることから、図 2 2 に関する詳細な説明は省略し、M P C C 2 5 0 0 は、前記図 8 の説明を参照すれば理解できる。図 2 3 A は、S C R サブシステム 2 1 7 0 ' に対する M P C C 2 5 0 0 の適用を示している。S C R サブシステム 2 1 7 0 ' の規制制約計画において最も大きな変更は、それぞれ図 2 0 に示される N O x 除去 P I D 制御機 2 0 2 0 及び負荷フィードフォワード制御機 2 2 2 0 の機能が M P C C 2 5 0 0 で代替されることである。M P C C 2 5 0 0 は、アンモニア流れ制御機 (P I D) 2 0 1 0 などによる使用のためアンモニア流れ S P 2 0 2 1 A ' を直接計算する。

【 0 3 6 3 】

M P C C 2 5 0 0 は、N O x 除去効率及びアンモニアスリップを制御するために、1 つ又は複数のアンモニア流れを調整することができる。N O x 除去効率及びアンモニアプロファイル情報を構築するのに十分な、流入口及び流出口 N O x 分析器 (2 0 0 3 及び 2 0 0 4) の測定値及びアンモニア分析器 2 6 1 0 からのアンモニアスリップ測定値 2 6 1 1 があれば、M P C C 2 5 0 0 は、全体又は平均 N O x 除去効率及びアンモニアスリップもプロファイル数値を制御するようになる。N O x 除去効率及びアンモニアスリッププロフ

ファイルにおいて複数の数値の調和した制御は、可変性を平均工程数値程度に著しく低下させる。可変性が低いほどシステム内では、ホットストップ (hot stop) が減少する。このプロファイル制御は、少なくとも一部の形態のプロファイル測定及び制御、1つを超える $NO \times$ 流入口、 $NO \times$ 流出口及びアンモニアスリップ測定値及び1つを超える動的に調整可能なアンモニア流れを必要とする。必要な入力値 (測定値) 及び制御要領 (アンモニア流れ) なしでは、MPC2500は、プロファイル制御を行うことができず、得られる利益を捕捉することができないことを認めなければならない。

【0364】

MPC2500の観点から、プロファイル制御に関わる付加的パラメータは、制御機の大きさを増加させるが、全体的な制御方法論、計画及び目的は変わらない。従って、今後の論議は、プロファイル制御のないSCRサブシステムの制御についての考慮になる。

10

【0365】

図23Bは、MPC2500の全体図を示す。

【0366】

SCRサブシステム稼働の最適化

まず、SCRサブシステム2170'のための長期稼働目標を確立するため、所望の稼働基準及び適切に調整された目的関数及び調整係数2902を基にして、MPC2500は、適切な入力又は計算されたパラメータを基にして動的制御モデル2870により予測論理2850を実行する。MPC2500は、次いで操作された変数及び制御された変数の両方に対する工程変数の現在状態からこれら工程変数のために確立されたそれぞれの長期稼働目標に達する最適過程、例えば最適軌跡及び経路に対する詳細計画を確立する。MPC2500は、次いで確立された長期稼働目標及び最適過程詳細計画によりSCRサブシステム2170'の稼働を変更するように制御指示を出す。最終的に、制御発生器論理2860を実行するMPC2500は、前記制御指示を基にしてSCRサブシステム2170'に制御信号を発して通信を行う。

20

【0367】

従って、MPC2500は、所望の目標定常状態を決めるため、動的制御モデル及び現在測定されたパラメータ及び計算されたパラメータデータにより、選択された目的関数、例えば現在電気コスト又は規制クレジット価格を基にして選択されたものに従って、SCRサブシステム2170'稼働の第1の最適化を行う。MPC2500は、次いで工程変数を現在状態から所望の目標定常状態まで移動させる動的経路を決めるため、動的制御モデル及び工程履歴データによりSCRサブシステム2170'稼働の第2の最適化を行う。有利なことに、MPC2500により実行される予測論理は、動的経路に沿って各地点で各工程変数の所望の目標状態と各工程変数の実際現在状態の間の誤差又は脱離を最小化しながら、工程変数を各工程変数の所望の目標状態に迅速かつ現実的に移動させるため、MPC2500によるSCRサブシステム2170'の稼働の制御を容易にする経路を決める。

30

【0368】

従って、MPC2500は、工程変数が現在時点 T_0 における現在状態から T_{ss} における目標定常状態まで移動する期間中に、現在時点(T_0)のみならずすべての他の時点に対しても制御問題を解決する。これは、工程変数の移動が現在状態から目標定常状態までの全体経路にわたって最適化されるようにする。これは、次いで通常のSCR制御機、例えば上記のPIDを利用した工程パラメータの移動に比べて付加的な安定性を提供する。

40

【0369】

SCRサブシステムの最適化された制御は、工程関係が動的制御モデル2870で実現されるため、そして目的関数又は非工程入力値、例えば経済的入力値又は変数の調整を変更することが前記関係に影響を及ぼさないから可能である。従って、一旦、動的制御モデルが確認されたら、MPC2500が、異なる非工程条件を含んで異なる条件で工程レベルの追加的考慮なしに、SCRサブシステム2170'、これによりSCR工程を制御

50

する方式を操作したり変更することが可能である。

【0370】

再び図23A及び23Bを参照すれば、SCRサブシステム2170'の制御の例は、NOxクレジットを最大化する目的関数について、そしてSCRサブシステム稼働の収益性を最大化したり、損失を最小化する目的関数について記載されている。当業者は、その他の稼働シナリオのための調整係数を生成することにより、SCRサブシステムの他の制御可能なパラメータを最適化、最大化又は最小化することが可能であることが理解できる。

【0371】

NOxクレジットの最大化

NOxクレジットを最大化するため、MPC2500は、調整定数がNOxクレジットを最大化するように設定された目的関数を有する動的制御モデル2870に従って予測論理2850を実行する。SCR工程の観点から、NOxクレジットを最大化することは、NOxの回収を最大化する必要があることが分かる。

【0372】

目的関数に入力される調整定数は、目的関数が、NOx排出量に対して操作された変数の変化の効果のバランスをとるようにする。

【0373】

最適化の最終結果は、MPC2500が以下のものを増加させるようになる：

- ・アンモニア流れの設定点などを増加させることによるNOx除去率、
- これは以下に対する制約の支配を受ける：
- ・最大アンモニアスリップ。

【0374】

このような稼働シナリオ705において、MPC2500は、NOxクレジットを発生させるためにNOx除去率を増加させることにすべてを集中する。MPC2500は、アンモニアスリップに対する工程制約を尊重する。しかし、このシナリオは、アンモニア又はアンモニアスリップのコスト／価値に対するNOxクレジットの価値のバランスをとるようにすることはない。このシナリオは、NOxクレジットの価値がアンモニア及びアンモニアスリップのコスト／価値を著しく超過する場合に適している。

【0375】

収益性の最大化又は損失の最小化

MPC(2500)における目的関数は、収益性を最大化したり損失を最小化するように設定されることができる。このような稼働シナリオは、資産最適化シナリオと呼ばれることもある。また、このシナリオは、電力、NOxクレジット、アンモニア、及び下流機器に対するアンモニアスリップの効果に対する正確な最新のコスト／価値情報を必要とする。

【0376】

制御機モデルで変数それぞれに関わるコスト／価値係数が目的関数に入力される。次いで、MPC2500の目的関数は、コストを最小化したり／利益を最大化するように指示される。利益がネガティブコストとして定義される場合には、コスト／利益は最小化される目的関数に対して連続関数になる。

【0377】

このようなシナリオにおいては、目的関数が、付加的NOxクレジットを発生させることによる限界価値が前記クレジットを発生させる限界コストと等しくなる時点での最小コスト稼働を判断するようになる。前記目的関数は、制約のある最適化であるため、最小化されたコスト解決策は、以下に対する制約の支配を受けることに注目する必要がある：

- ・最小NOx除去率（排出許容値／目標値遵守ため）、
- ・最小アンモニアスリップ、
- ・最小アンモニア使用。

【0378】

この稼働シナリオは、前記価値 / コスト及び NO_x クレジットの価値 / コストの両方において変化に敏感である。最大利益のためには、このようなコスト係数はリアルタイムでアップデートされなければならない。

【0379】

例えば、コスト係数が各制御機の実行以前にアップデートされると仮定する場合、電気消費が昼間増加することにより、発電する電力の現時点価格もまた増加する。この設備で付加的電力を前記現在価値で販売することが可能で、 NO_x クレジットの価値が現時点で本質的に固定されていると仮定する場合、アンモニアスリップを最小化する相当な動機が発生するが、その理由は、これは空気予熱器をより清潔に維持することができ、より効率的な電力発電を許容するためである。MPC2500の目的関数中の電力に関わるコスト / 価値係数は、電気の現時点価格が変わることにより変化し、前記目的関数は、稼働制約を満たすとともに、電力は少なく使用する新しい解決策を得ることができるようになる

10

一方、 NO_x クレジットの現時点価格が増加し、付加的 NO_x クレジットのための市場が存在し、電力のコスト / 価値が比較的一定な場合には、MPC2500の目的関数は、稼働制約に支配される NO_x 除去率を増加させることにより、そのような変化に対応するようになる。

【0380】

例示的2つのシナリオにおいて、MPC2500はすべての稼働制約を観察した後、MPC2500の目的関数は、 NO_x クレジットの限界価値がクレジットを発生させるのに必要な限界コストと等しくなる最適稼働地点を検出することになる。

20

【0381】

要約：

以上、本発明を1つ以上の好適な実施形態により説明したが、当業者は、これに限定されないことが理解できる。上記の発明の様々な特徴及び側面は、個別に又は組合わせられて用いることができる。また、本発明が特定環境において、そして特定目的のための実装形態、例えば選択的接触還元 (SCR) の簡単な概要とともに湿式排煙脱硫 (WFGD) について説明したが、当業者はその有用性がこれに限定されず、本発明は任意の環境及び実装形態で有益に活用できることが理解できる。従って、請求の範囲で定義している本発明の基本概念を利用した当業者の様々な変形及び改良形態も本発明の権利範囲に属するものである。

30

【図面の簡単な説明】

【0382】

【図1】通常の湿式排煙脱硫 (WFGD) サブシステムの概略を示したブロック線図である。

【図2】図1のWFGDサブシステムのある一定の側面をより詳細に示した図である。

【図3】図1のWFGDサブシステムの他の側面をより詳細に示した図である。

【図4】 SO_2 除去効率に対する pH の関数としての石膏純度を示すグラフである。

【図5A】安全域 (comfort zone) 内のWFGD工程実施に対するWFGD制約ボックス (constraint box) を示す図である。

40

【図5B】本発明により最適化されたWFGD工程実施に対する図5AのWFGD制約ボックスを示す図である。

【図6】本発明によるMPC制御構造の機能的ブロック線図である。

【図7】図6の構造内で好適に使用できるMPC制御器及び推定機 (estimator) の構成要素を示す図である。

【図8】本発明による図7のMPC制御器の電算装置及び記憶ディスクをより詳細に示す図である。

【図9】図8のMPC制御器に導入された推定機の機能的ブロック線図である。

【図10】本発明による多段階のMPC構造を示す図である。

【図11A】本発明による多段階のMPC制御器によりユーザーに表示されるインタフェ

50

ース画面を示す図である。

【図 1 1 B】本発明による計画された運転停止の再調査、変更及び / 又は追加のための多段階 M P C により表示されるまた他のインタフェース画面を示す図である。

【図 1 2】本発明による図 1 0 の多段階の M P C C 構造の拡張図である。

【図 1 3】本発明による推定機が導入された M P C C の W F G D 工程のための D C S とのインタフェースの機能的ブロック線図である。

【図 1 4 A】本発明による M P C C 制御をモニタリングするための D C S 画面を示す図である。

【図 1 4 B】本発明による実験値及び / 又はその他の値を入力するためのまた他の D C S 画面を示す図である。

10

【図 1 5 A】本発明によるサブシステムの全体動作が M P C C により制御される W F G D サブシステムを示す図である。

【図 1 5 B】本発明による図 1 5 A の W F G D サブシステムを制御する M P C C を示す図である。

【図 1 6】本発明による図 1 5 A の W F G D サブシステムの特定の側面において、図 2 に示したものと対応する側面を詳細に示す図である。

【図 1 7】本発明による図 1 5 A の W F G D サブシステムの他の側面において、図 3 に示すものと対応する側面を詳細に示す図である。

【図 1 8】本発明による図 1 5 A の W F G D サブシステムのまた他の側面を詳細に示す図である。

20

【図 1 9】本発明による図 1 5 B の M P C C の側面を詳細に示す図である。

【図 2 0】一般的な選択的接触還元 (S C R) 装置の概略を示すブロック線図である。

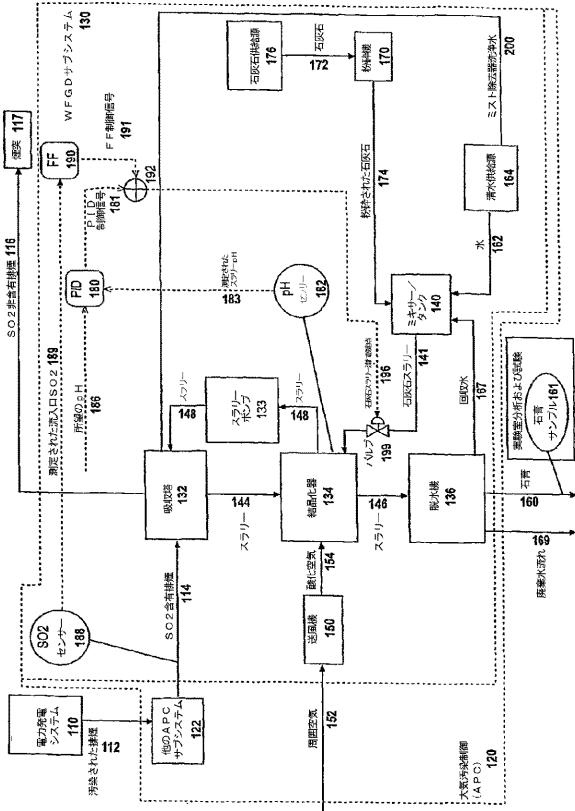
【図 2 1】S C R サブシステムのための通常の工程制御計画を示す図である。

【図 2 2】本発明による M P C 制御器の電算装置及び記憶ディスクを詳細に示す図である。

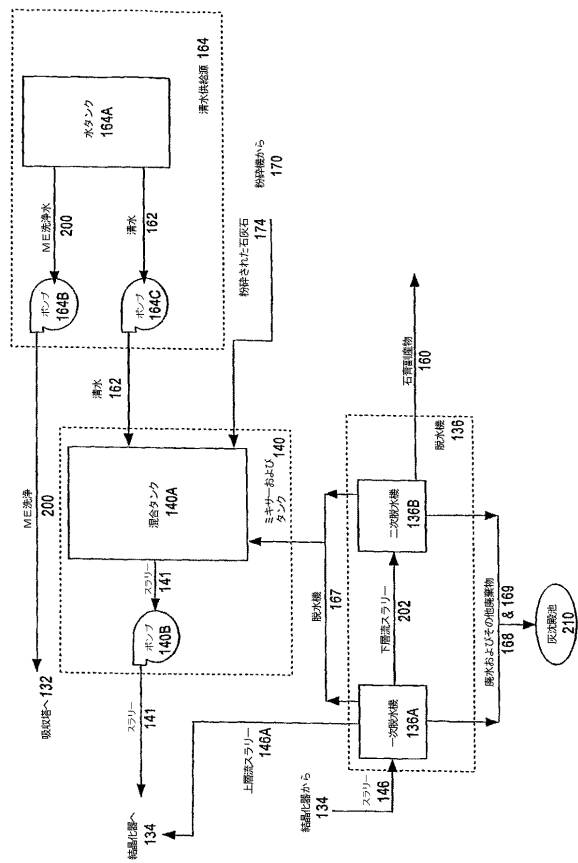
【図 2 3 A】本発明による、サブシステムの全体動作が M P C C により制御される S C R サブシステムを示す図である。

【図 2 3 B】本発明による図 2 3 A の M P C C のまた他の側面を詳細に示す図である。

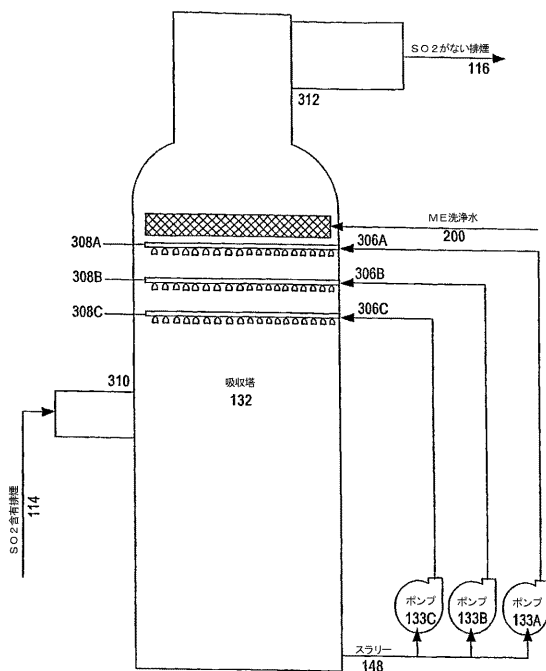
【図 1】



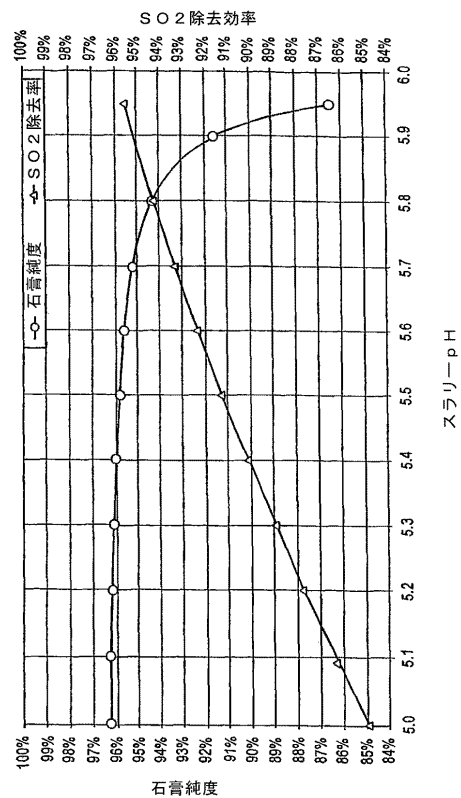
【図 2】



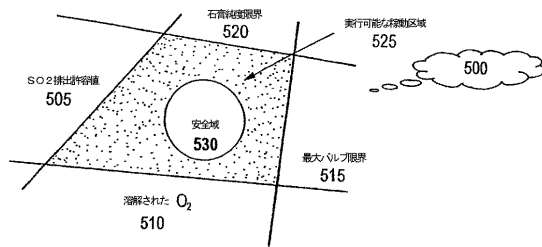
【図 3】



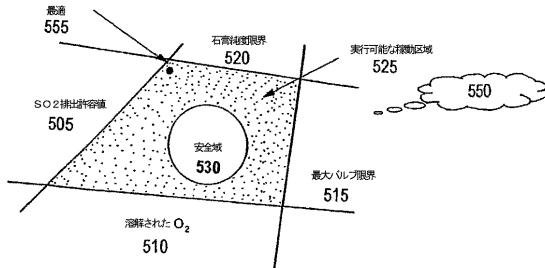
【図 4】



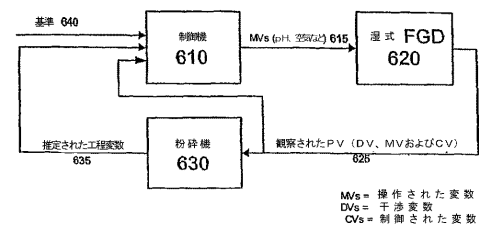
【図 5 A】



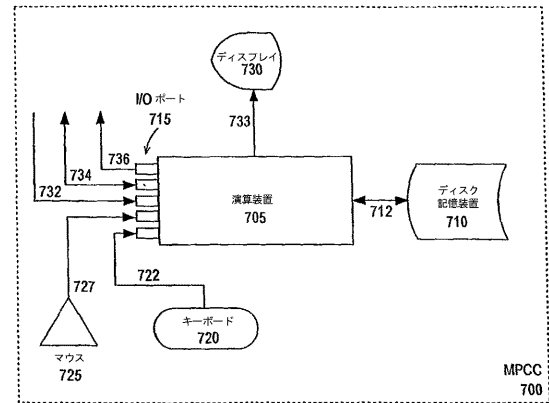
【図 5 B】



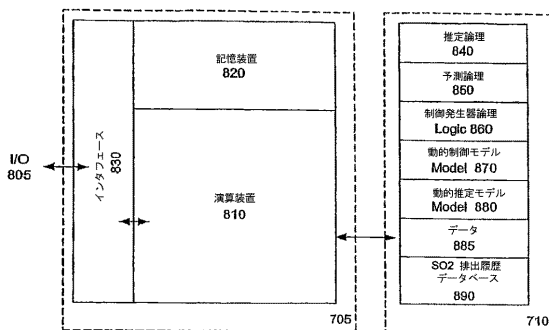
【図 6】



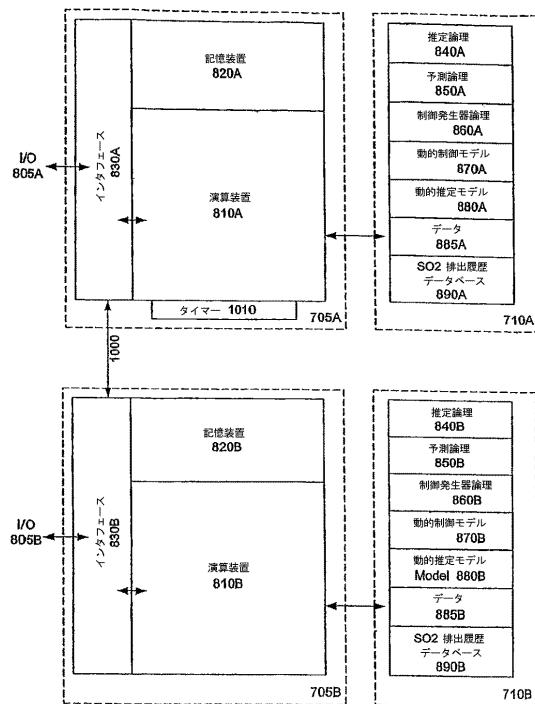
【図 7】



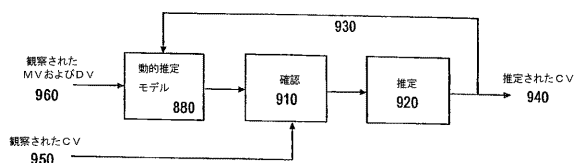
【図 8】



【図 10】



【図 9】



【図 11A】

連続平均管理

WFGD連続平均SO₂排出最適化

投影された装置稼働係数

投影されたWFGD稼働係数

1100

【図 11B】

稼働停止追加

説明

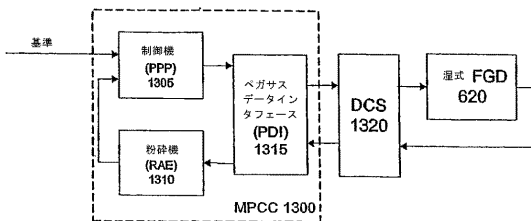
開始日

終了日

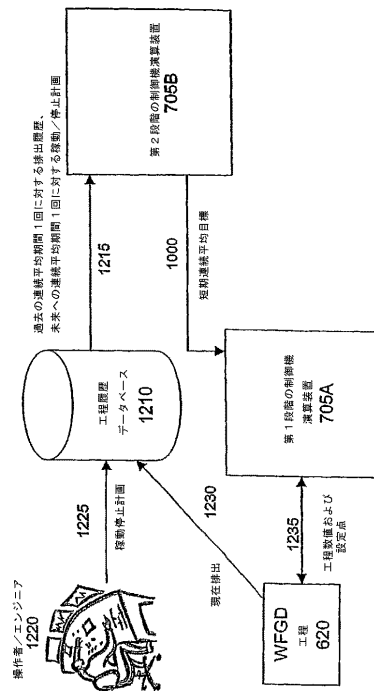
稼働停止中の容量

1110

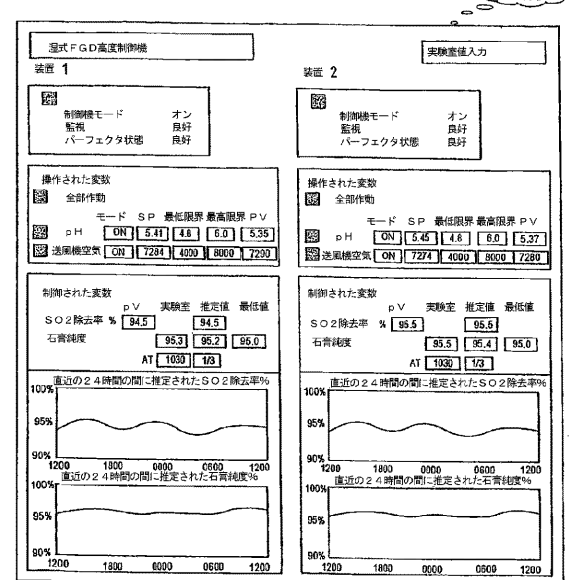
【図 13】



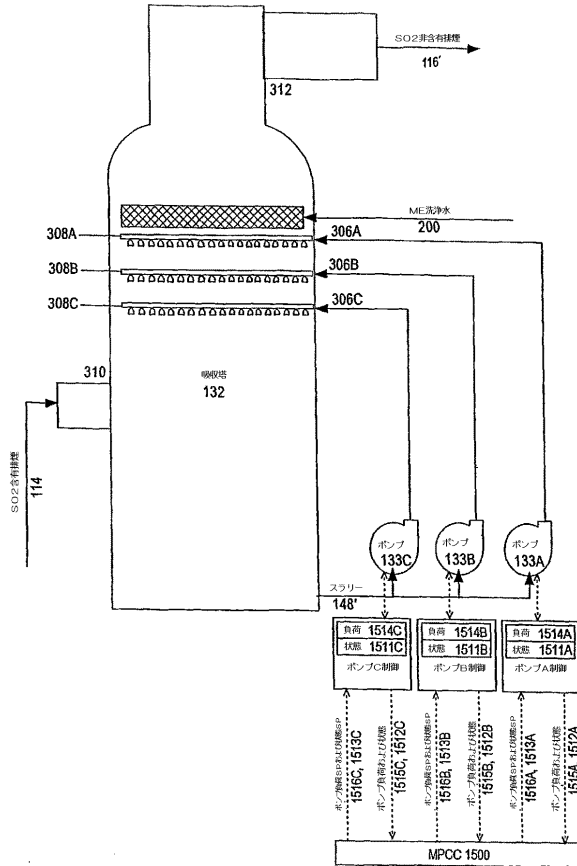
【図 12】



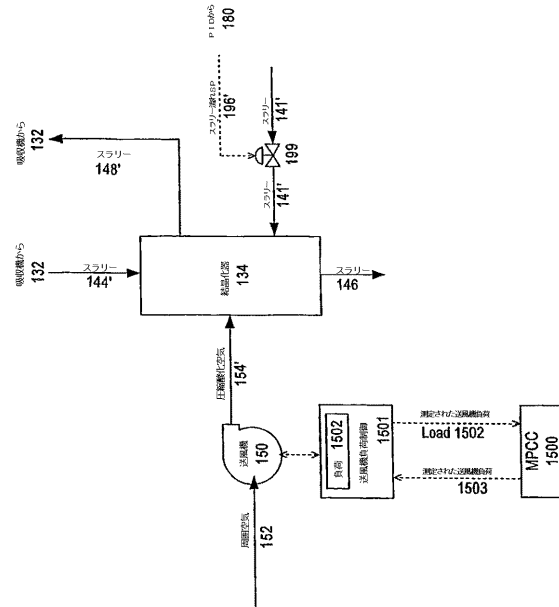
【図 14A】



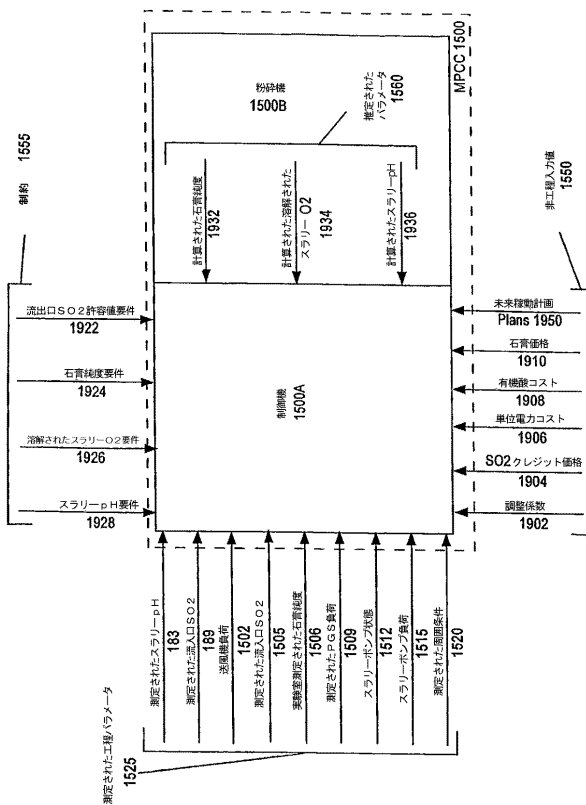
【図 17】



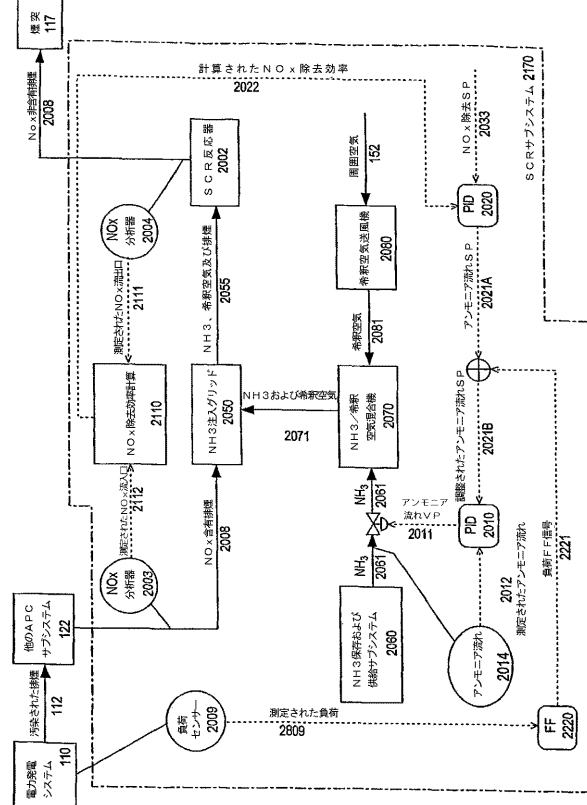
【図 18】



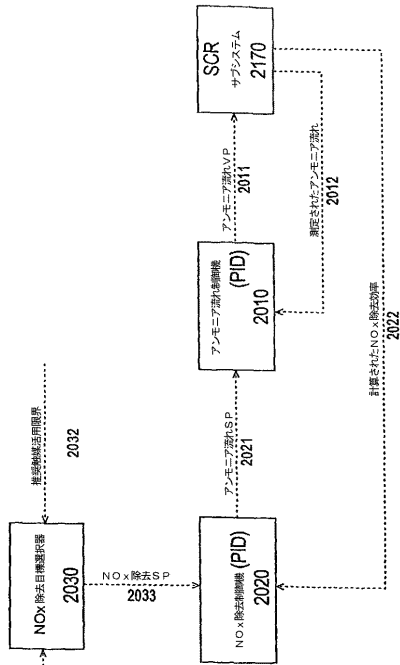
【図 19】



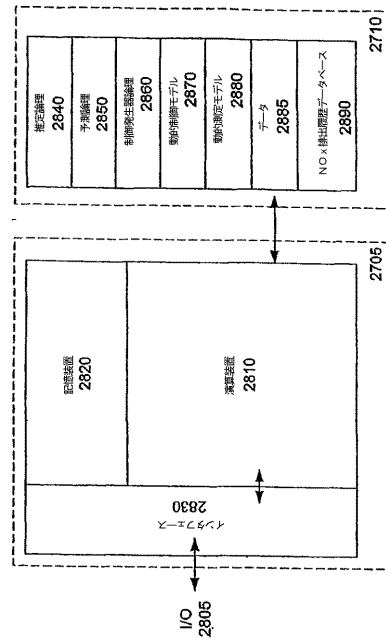
【図 20】



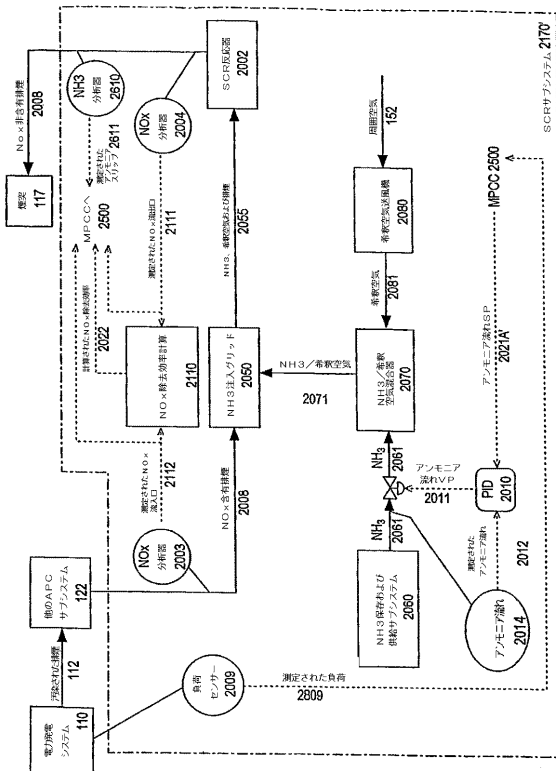
【図 2 1】



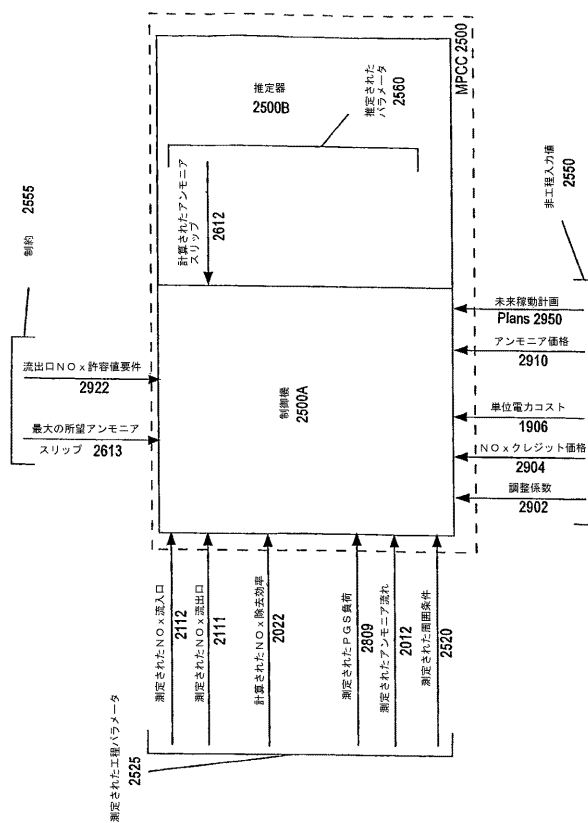
【図 2 2】



【図 2 3 A】



【図 2 3 B】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/US2005/027616
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G05B13/02 G05B23/02 B01D53/00 G05D21/02		
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 G05B B01D G05D		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 382 905 A (ABB RESEARCH LTD) 21 January 2004 (2004-01-21) the whole document	1,3,7-9, 14,15, 19-21
X	EP 0 296 500 A (NIPPON KOKAN KABUSHIKI KAISHA) 28 December 1988 (1988-12-28) the whole document	1,3,8,9, 14,15, 20,21
X	EP 0 866 395 A (VON ROLL UMWELTECHNIK AG) 23 September 1998 (1998-09-23) the whole document	1,3,14, 15
-/-		
☒ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ 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 special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "8" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 October 2005		Date of mailing of the international search report 07/11/2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Gardella, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US2005/027616

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 03/065135 A (CAMBRIDGE CONSULTANTS LIMITED; BOWYER, ROBERT, OWEN) 7 August 2003 (2003-08-07) page 12, line 1 - page 14, line 28 page 17, line 6 - page 32, line 5 figures 3,5-7	1,2,14
X	US 5 386 373 A (KEELER ET AL) 31 January 1995 (1995-01-31)	1,3,8,9, 14,15, 20,21
Y	the whole document	4-6, 10-13, 16-18, 22-25
Y	US 6 168 709 B1 (ETTER ROGER G) 2 January 2001 (2001-01-02) column 38, line 15 - column 46, line 43	4-6, 10-13, 16-18, 22-25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US2005/027616

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1382905	A	21-01-2004	NONE	
EP 0296500	A	28-12-1988	CA 1298960 C DE 3864602 D1 DK 170608 B1 JP 1730156 C JP 4020646 B JP 63319027 A US 4847056 A	21-04-1992 10-10-1991 13-11-1995 29-01-1993 06-04-1992 27-12-1988 11-07-1989
EP 0866395	A	23-09-1998	AT 227029 T CA 2232721 A1 CZ 9800854 A3 DE 59806085 D1 HU 9800244 A2 JP 3002819 B2 JP 10263360 A NO 981278 A PL 325437 A1 TW 422944 B	15-11-2002 21-09-1998 14-10-1998 05-12-2002 28-06-1999 24-01-2000 06-10-1998 22-09-1998 28-09-1998 21-02-2001
WO 03065135	A	07-08-2003	EP 1481295 A1 GB 2388922 A JP 2005516298 T US 2005131620 A1	01-12-2004 26-11-2003 02-06-2005 16-06-2005
US 5386373	A	31-01-1995	US 5539638 A US 5548528 A	23-07-1996 20-08-1996
US 6168709	B1	02-01-2001	AU 5684199 A CA 2341006 A1 GB 2357518 A WO 0010914 A1	14-03-2000 02-03-2000 27-06-2001 02-03-2000

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, 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, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. イーサネット
2. ETHERNET

(72)発明者 ピーチェ スティーブン

アメリカ合衆国 テキサス 78751 オースティン アベニュー・シー 4002

Fターム(参考) 4D002 AA02 AA12 AC01 BA02 BA06 BA14 CA01 CA07 CA13 DA05

DA07 DA16 DA70 EA02 FA03 GA03 GB02 GB08 GB09

5H004 GA28 GB01 HA04 HB04 KC06 KC27

【要約の続き】

ii) $MPP(625)$ の現在値、及び (iii) DTV を基にして予測される。第2論理制御器は、 TPL_{AAV2} の長さより短く TPL_{AAV1} と等しい長さを有し、現在時点 T_0 から未来時点 T_{AAV1} まで延長される第2未来時間 ($SFTP$) の間に $TPP(625)$ の AAV に対する第2の限界を示す追加的目標値 (FTV) を確立する。 FTV は、 $FFTP$ において予測された $TPP(625)$ の FAV のうちの1つ以上に基づいて確立される。また、第2論理制御器は、(i) TPL_{AAV1} の長さを有し、過去時点 T_{AAV1} から現在時点 T_0 まで延長される第2過去時間 ($SPTP$) における様々な時点での $TPP(625)$ の AAV 、(ii) $MMP(625)$ の現在値、及び (iii) FTV に基づき、 $CTPP(615)$ 各々に対する目標設定点を決める。第2論理制御機は、前記 $CTPP(615)$ に対して決められた目標設定点に従って $CTPP(615)$ 各々の制御を指示する論理をさらに有する。