

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-278280

(P2007-278280A)

(43) 公開日 平成19年10月25日(2007. 10. 25)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1N 3/18 (2006.01)	FO1N 3/18 ZABC	3G091
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 360C	3G384
FO1N 3/08 (2006.01)	FO1N 3/08 B	4D048
FO1N 3/20 (2006.01)	FO1N 3/20 B	
FO1N 3/24 (2006.01)	FO1N 3/24 C	
審査請求 未請求 請求項の数 21 O L 外国語出願 (全 35 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2007-65006 (P2007-65006)
 (22) 出願日 平成19年3月14日 (2007. 3. 14)
 (31) 優先権主張番号 11/374, 699
 (32) 優先日 平成18年3月14日 (2006. 3. 14)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390033020
 イートン コーポレーション
 EATON CORPORATION
 アメリカ合衆国 44114-2584
 オハイオ州 クリーヴランド スーペリア
 アヴェニュー 1111 イートンセン
 ター
 (74) 代理人 100068618
 弁理士 粂 経夫
 (74) 代理人 100104145
 弁理士 宮崎 嘉夫
 (74) 代理人 100080908
 弁理士 館石 光雄
 (74) 代理人 100109690
 弁理士 小野塚 薫

最終頁に続く

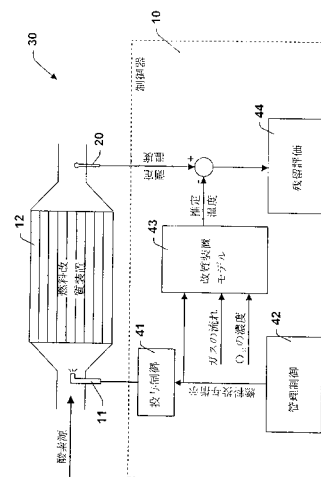
(54) 【発明の名称】 排気放出削減用のハイブリッド触媒システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 フォールト検出方法と燃料噴射システムの診断方法と動力発生システムと燃料改質システムを提供する。

【解決手段】 温度は、好ましくは、燃料の酸化又は部分的な酸化反応の触媒作用を行う装置内又はこの下流の温度であり、この装置は、例えば酸化触媒や燃料改質装置12である。予期された関係は、触媒装置を含むシステムの熱モデルを用いて定められていてもよい。さらに、フローメーターを用いることなく、スプレーの質のフォールトを検出したり、燃料噴射のフォールトを検出することに用いることができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フォールト検出方法であって、
燃料噴射器（11）を有する燃料噴射システムを用いて、排気ライン内に燃料を噴射して、燃料を排気と混合させ、

燃料の酸化又は部分的な酸化反応の触媒作用を行う装置（12）内に、燃料と排気の混合を通し、

前記装置の内部又はこの下流側で、前記装置の温度を検出して、

前記検出した温度を用いて、前記燃料噴射システムのフォールトを検出する、各ステップを有することを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

前記検出された温度を用いて前記燃料噴射システムのフォールトを検出する際、前記装置（12）を含むシステムの熱モデルを適用することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記熱モデルは、前記燃料の反応熱に関する項と、前記装置（12）の熱容量に関する項と、前記排気によって伝えられる熱伝達に関する項を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記フォールト検出方法は、前記燃料噴射システムに向う、中を通る、又は流出する燃料のフローレートを直接的に測定しないことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記装置（12）は、燃料改質装置であることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記燃料改質装置（12）の下流側に希薄 NO_x トラップ（13）を設けることを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記排気ラインは、ディーゼルエンジン（9）の排気ラインであることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

燃料噴射システムの診断方法であって、

30

燃料改質装置（12）に対して、燃料噴射システムを通して燃料を供給し、

前記燃料改質装置（12）又は改質装置の排気流の温度を測定し、

前記測定された温度に関するデータを解析して、前記燃料噴射システムがフォールトを生じているか否か決定し、

前記フォールトが検出された場合、このフォールトをメモリー内に記録するか、このフォールトの信号を出す、各ステップを有することを特徴とする方法。

【請求項 9】

前記温度測定に関するデータを解析して、前記燃料噴射システムがフォールトを生じているか否か決定する際、前記燃料改質装置（12）を含むシステムの熱モデルを適用することを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記熱モデルは、前記燃料の反応によって放出された熱に関する項と、前記燃料改質装置（12）の熱容量に関する項と、前記排気によって伝えられる熱伝達に関する項を含むことを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記データ解析は、前記温度測定をモデル予測と比較することを含むことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

前記モデル予測は、指示された燃料供給割合に基づくことを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

50

【請求項 13】

前記解析は、スプレートの質のフォールトを検出するのに適用されることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 14】

動力発生システムであって、請求項 8 に記載の方法を実行するように構成されたことを特徴とする動力発生システム。

【請求項 15】

前記動力発生システムは、燃料噴射システムを通る燃料のフローレートを測定するように構成されたフローメータを用いないことを特徴とする請求項 14 に記載の動力発生システム。

10

【請求項 16】

燃料噴射システムの診断方法であって、

燃料改質装置 (12) に対して、燃料噴射システムを通して燃料を供給し、

指示された燃料噴射割合と温度の間の予期された関係を、指示された燃料噴射割合と温度の間の実際の関係に対して比較することで、燃料噴射のフォールトについてチェックする、各ステップを有することを特徴とする方法。

【請求項 17】

前記予期された関係は、モデルに基づく関係であることを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記モデルは、前記燃料の反応によって放出される、又はこれによって使われる熱に関する項と、前記燃料改質装置 (12) の熱容量に関する項と、前記排気によって伝えられる熱伝達に関する項を含むことを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

20

【請求項 19】

燃料改質システムであって、

燃料改質装置 (12) と、

前記燃料改質装置に対して燃料を供給するように構成された燃料噴射システムと、

前記改質装置の温度を示す測定を得られるように構成された温度測定装置 (20) と、

電子制御器 (10) と、を有し、

前記電子制御器 (10) は、前記燃料改質装置 (12) を含むシステムの熱モデルを用いて、前記燃料噴射システムの状態を診断するように構成されたことを特徴とするシステム。

30

【請求項 20】

さらに、前記燃料改質装置 (12) の下流側に希薄 NO_x トラップ (13) を設けたことを特徴とする請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 21】

前記システムは、前記燃料噴射システムを通る燃料のフローレートを測定するためのメータを用いないことを特徴とする請求項 19 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、排気の後処理用に、排気ラインに燃料を噴射するシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

ディーゼルエンジンから放出される NO_x エミッションは、環境問題として公知である。そこで、米国を含む、複数の国では、長い間、トラックや他のディーゼル駆動自動車から放出される NO_x エミッションを制限するように規制中である。そして、製造者や研究者達は、これら規制を満足させるためにかなりの努力を行っている。

【0003】

理論燃料・空気混合気を用いるガソリン駆動自動車では、三元触媒を用いて NO_x エミ

50

ッションを制御できることが解っている。しかしながら、圧縮点火を用いるディーゼル駆動自動車では、三元触媒を効果的に用いるには、一般に排気は酸素過多である。

【0004】

そこで、ディーゼル駆動自動車から放出される NO_x エミッションを制御するために、様々な解決策が提案されている。あるアプローチの仕方では、エンジンに焦点を合わせている。排気ガスを循環させて、燃料・空気混合気を部分的に均質化させる技術が有用であるが、この技術だけでは、 NO_x エミッションをなくすことができない。そこで、他のアプローチの仕方では、自動車の排気から NO_x を除くようにしている。これには、希薄燃焼 NO_x 触媒、選択還元触媒（SCR：Selective Catalytic Reduction）及び希薄 NO_x トラップ（LNT：Lean NO_x Trap）を用いることが含まれる。

10

【0005】

希薄燃焼 NO_x 触媒は、酸素が豊富な状況下で、 NO_x の還元を促進する。但し、酸化雰囲気中での NO_x の還元は困難である。また、所望の作用、持続性、及び作動温度範囲を有する希薄燃焼 NO_x 触媒を見つけることは困難なことが知られている。また、希薄燃焼 NO_x 触媒は、熱水的に不安定な傾向がある。また、比較的わずかな使用の後、作用の喪失を顕著に生じさせることがある。典型的に、希薄燃焼 NO_x 触媒は、沸石ウォッシュコートを用いるが、これは、還元微環境（reducing microenvironment）を提供すると考えられている。また、ディーゼル燃料のような還元剤（reductant）を排気中に導入することは一般に必要とされており、3%又はこれ以上の燃料経済のペナルティーを招いている。現在、希薄燃焼 NO_x 触媒を用いた、ピークの NO_x の変換効率は、許容できない程小さなものである。

20

【0006】

SCRは、一般に、アンモニアを用いた NO_x の選択還元触媒に関する。この反応は、酸化環境中에서도生じる。 NO_x は、吸着物内に一時的に蓄えられることができ、又は、アンモニアを排気内に連続して供給することができる。SCRは、 NO_x の還元を高いレベルで達成することができるが、アンモニアや適当な先駆物を分配するための基盤が足りないことが課題とされている。また、環境中にアンモニアを放つ可能性があることについても懸念されている。

【0007】

LNTは、再生中に NO_x を還元する触媒と NO_x 吸着物を備えた装置である。この吸着物は、典型的に、アルカリ土類酸素吸着物、例えば BaCO_3 であり、触媒は、典型的に、貴金属、例えばPtやRuである。希薄廃棄中で、触媒は、 NO_x 吸着を導く酸化反応を急がせる。堆積した NO_x は取り除かれて、LNTは再生されるが、これは、LNT内で還元環境（reducing environment）を生じさせることで行われる。還元環境中で、触媒は、吸着した NO_x を還元し、脱着させるように反応する。

30

【0008】

LNTは、再生中にアンモニアを生じさせることができる。従って、従来、LNTとアンモニアSCR触媒を一つのシステム内に組み合わせることが提案されている。再生中にLNTによって生じるアンモニアは、SCR触媒によって捕まえられて、続く NO_x の還元利用されるので、燃料ペナルティーや貴金属の利用を増大させることなく、単体（スタンドアローン）のLNTと比べて変換効率を向上させる。特許文献1には、このようなシステムについて開示されている。また、特許文献2には、双方の構成要素を単一のシェル内に含ませたり、一つの基板上に分配させるシステムについて開示されている。さらに、特許文献3には、LNTとSCR触媒の上流側に直列につなげた改質装置を含むシステムについて開示されている。

40

【0009】

LNT再生用に還元環境を生じさせることには、排気から酸素のほとんどを取り除き、還元剤を提供することが含まれる。エンジンが理論的（化学量論的）又はリッチに駆動できる場合を除いて、還元剤の一部は排気内で反応して、酸素を消費する。還元剤を用いた反応によって取り除かれる酸素の量は、様々な方法で還元することができる。エンジンに

50

インテークエアスロットルが備えられる場合、スロットルを用いてもよい。また、変速機のギア比を変えて、エンジンを変速させて、同じパワーを生じさせるが、より酸素を含まない作動点にさせてもよい。しかしながら、少なくともディーゼルエンジンの場合には、排気内に噴射される還元剤を用いて、排気内の酸素の幾らかを、燃焼させたり改質反応によってなくすことが一般に必要とされる。

【0010】

還元剤は、エンジンや、別体の燃料噴射装置を用いて排気内に噴射されてもよい。例えば、エンジンは、排気を放出するのに先立って、一つ又は複数のシリンダ内の排気中にさらなる燃料を噴射してもよい。あるいは、又はこれに加えて、エンジンの下流側の排気内に還元剤を噴射してもよい。後者のアプローチには、エンジンの構成や操作に変更を加えることなく、既存のエンジンに後処理システムを加えることができるという長所がある。

10

【0011】

還元剤と酸素の間の反応は、LNT内で行われることができる。LNTの上流側の触媒内でこの反応を生じさせることが一般に望ましいとされているが、反応熱が、再生中にLNT内で大きな温度上昇を引き起こさないためである。

【0012】

さらに、特許文献4には、LNTの上流側の排気ライン内に燃料改質装置を配置した排気処理システムについて開示されている。この改質装置は、酸化及び改質触媒の双方を含んでいる。改質装置の双方は、過度の酸素を取り除き、ディーゼル燃料の還元剤をよく反応する改質油に変換させている。また、脱硫酸のため、改質装置によって生じた熱を用いて、LNTを脱硫酸温度まで上昇させている。ディーゼル燃料の噴射は、改質装置の温度を制御するためにパルス化してもよい。

20

【特許文献1】米国特許第6,732,507号

【特許文献2】米国特許出願公開第2004/0076565号

【特許文献3】国際公開番号第2004/090296号

【特許文献4】米国特許出願公開第2003/0101713号

【0013】

これら利点にかかわらず、従来、耐性があり、操作コスト（燃料ペナルティーを含む）が順当で、さらに、2010年に予定されている米国環境保護庁(EPA)の規制や他の規制に合うように、ディーゼルエンジンから排出される NO_x エミッションを満足できる程度にまで還元させるように実施できる、手ごろでかつ信頼性のある排気処理システムが求められている。これら目的を達成するため、上述したコンセプトと合わせて、車に搭載される診断システムを用いてもよい。特に、LNT再生用に、燃料改質装置に燃料を供給するために排気ライン燃料噴射器が用いられる場合、燃料噴射器が多くの問題又はフォールトを生じさせることが起こり得るため、燃料噴射器用に診断システムを用いることが望ましい場合がある。また、弁がつまったり、ノズルが磨耗したり、パイプが破損する場合も起こり得る。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

従って、本発明は、上記従来技術に鑑みて、フォールト検出方法と燃料噴射システムの診断方法と動力発生システムと燃料改質システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明のコンセプトの一つは、排気ラインの燃料噴射システム内でのフォールト検出方法に関する。この方法は、排気システム内の温度と、フォールトを検出するための指示された燃料噴射割合や量との間の関係を用いる。この温度は、好ましくは、酸化触媒や燃料改質装置として、燃料の酸化や部分的な酸化反応の触媒作用をする、排気システム装置内の又はこの下流の温度である。予期された関係は、フォールトを検出するために、実際の関係と比較される。この予期された関係は、触媒装置を含むシステムの熱モデルを用いて

50

定められていてもよい。一方、実際の関係は、観察値を含む。この観察値は、測定温度でもよい。あるいは、プロセス制御によって温度が基本的に固定される場合には、この観察値は、燃料弁の設定や、同様物や、燃料のフローレートでもよい。そして、予期された関係と実施の関係との間の不一致が特定の基準と合う時に、フォールトが生じたと示唆される。この方法は、流量計（フローメーター）を用いることなく、燃料噴射器のフォールトを検出するのに使うことができる。

【0016】

本発明の他のコンセプトは、燃料改質装置、排気燃料噴射システム、温度測定装置、及び電子制御器を含む燃料改質システムに関する。制御器は、燃料改質装置を含むシステムの熱モデルを用いることで、燃料噴射システムの状態を診断するように構成されている。このシステムは、燃料の流量計に基づくことなく、燃料噴射システム内のフォールトを診断するために用いることができる。また、このシステムは、スプレーの質のフォールトを検出するために用いることができる。

10

【0017】

以上の要約は、以下に詳述される詳細の説明の理解を容易にするために、簡略化された形で本発明のコンセプトの幾つかを示すことを主要な目的としている。この要約は、“発明”として考えることができる、本発明のコンセプトの各々の全てについて、又は本発明のコンセプトの組合せの全てについて詳述したものではない。本発明の他のコンセプトは、添付した図と合わせて、以下の詳細な説明から、当該技術分野における当業者ならば理解できるであろう。また、本明細書で開示される説明は、一般化されたり、より狭められたりされることがあり、さらには、添付した特許請求の範囲において発明者によって請求された重要な事項と様々に組合わされていてもよい。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

排気ライン燃料噴射システムに対して、本発明の様々なコンセプトを適用することができる。排気ライン燃料噴射システムは、内燃機関からの排気に対して燃料を供給する。燃料は、排気後処理装置を加熱するため、及び／又は、排気後処理装置の再生用に還元環境を生じさせるために、排気に供給されてもよい。加熱を必要とすることがある装置の例として、希薄 NO_x 触媒、LNT及びDPFがある。還元環境は、例えば、LNTを再生するために生じることがある。典型的な燃料は炭化水素であるが、例えば、ガソリンやディーゼル燃料である。

30

【0019】

排気ライン燃料噴射システムは、典型的に、ポンプ、弁及びノズルを含む。ポンプは、エンジンに燃料を供給するポンプでもよい。弁は、開口の度合いや、開口に要する時間の割合によって、ノズルを通して供給される燃料を制御することができる。ノズルは、典型的にオリフィスを有し、燃料と排気との混合を促進させるようにスプレーを生じさせる。また、排気ライン内で燃料と排気との混合を促進するために、そらせ板（バッフル）や他の装置を用いることは可能である。

【0020】

排気ライン内では、燃料は、酸素、蒸気及び二酸化炭素等の、酸素を含む排気ガス成分と反応する。この反応は、一般に、触媒を含む装置内で行われる。この装置は、適当な触媒を含む任意の装置でもよいが、例えば、燃料改質装置、酸化触媒、又はLNTでもよい。

40

【0021】

本発明は、特に自動車の分野に適するが、これには、乗用車やトラック等が含まれる。自動車の分野では、耐性と信頼性について特定の要求がある。

【0022】

図1を参照すると、燃料噴射システムの診断装置30について概略的に例示されている。管理制御システム42によって時間と量が決定されて、投与制御システム41によって実行されることで、燃料が、燃料噴射器11を介して、燃料改質装置12に投与される。

50

この燃料は、燃料改質装置 1 2 内で、排気内の酸素を含む成分と反応するので、酸素を消費し、改質油を生じさせて、熱を放熱したり、吸熱する。センサ 20 を用いて温度を検出するが、この温度は、例示した実施形態では、改質装置の排気の温度である。検出された温度は、残留評価サブシステム 4 4 内で改質装置モデル 4 3 からの推定と比較される。この比較は、燃料噴射器 1 1 や関連する燃料噴射システムの構成要素のフォールトを検出するために用いられる。

【0023】

図 1 のシステムは改質装置モデル 4 3 に関して示されているが、本発明は様々に実施することができ、例えば、燃料の割合や量と、温度との間の予期された関係を含ませてもよい。可能なアプローチには、例えば、モデルに加えてテーブルやエキスパートシステムが含まれる。モデルは、例えば、確率学習モデル (learning probabilistic model) や保存式 (conservation equations) に基づくモデルでもよい。好ましいモデルは、熱モデル (サーマルモデル) を含むが、これは、エネルギー保存式に部分的に基づくモデルである。熱モデルは、0、1、2 又は 3 次元でもよいが、本出願の発明者は、0 次元のランプパラメータ (lumped parameter) モデルが満足できることを見つけている。

【0024】

一般に、ランプパラメータモデルは、モデルシステム内への熱伝達に関する項と、モデルシステム外への熱伝達に関する項と、触媒装置によって利用される熱に関する項と、化学反応によって生じる熱に関する項を少なくとも含む。周囲への熱損失も考慮することができるが、これは、一般に小さな効果を有する。

【0025】

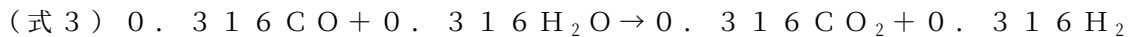
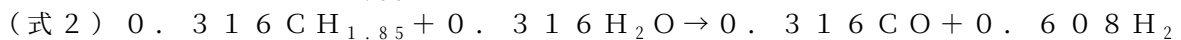
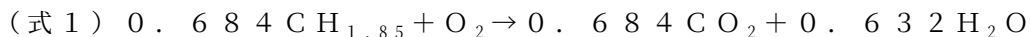
改質装置 1 2 内への熱伝達の割合は、排気の比熱、排気の温度及び排気のマスフローレートから求められる。排気のマスフローレートは、インテークのエアフローレートの測定と、エンジン燃料のフローレートの測定から、あるいは、単にエンジン制御器 (ECU) から利用可能なデータから、測定したり、推定することができる。改質装置 1 2 に流入する排気の温度は、エンジンの作動点から測定したり、決定することができる。

【0026】

改質装置 1 2 から出る熱伝達の割合は、改質装置 1 2 を離れる排気の温度に基づく。この温度は、測定可能である。改質装置 1 2 の温度が測定される際、改質装置の排気ガスの温度は、改質装置の温度と大凡等しい。

【0027】

燃料改質装置 1 2 内の化学反応は、次の 3 つの反応の組合せとしてモデル化することができる。



上式において、 $CH_{1.85}$ は例示的な還元剤を表し、例えば、ディーゼル燃料であって、炭素と水素の間に 1.85 の割合を有する。式 (1) は、発熱を伴う完全燃焼に関し、これによって酸素が消費される。式 (2) は、吸熱を伴う蒸気改質に関し、これによって改質油が生じる。式 (3) は、水性ガスシフト反応に関する。

【0028】

式 (1) は、温度、燃料が過剰の場合に利用可能な酸素、酸素が過剰の場合に利用可能な燃料に基づいた割合と度合いで進行すると考えることができるが、式 (2) から独立する。利用可能な酸素は、少なくとも改質装置 1 2 内への酸素のフローレートに基づく。改質装置 1 2 がかなりの酸素を蓄える容量を有する場合、酸素の吸着と脱着の割合に関する用語を含むことが望ましい場合がある。また、改質装置 1 2 内に流入する排気の酸素の濃度は、ECU から利用可能なデータを用いて、測定したり推定することができる。

【0029】

改質装置 1 2 内で利用可能な燃料は、燃料の供給割合に基づく。さらに、本出願の発明者は、改質装置 1 2 内の燃料の吸着と脱着の割合がかなりの場合があり得ることを見つ

10

20

30

40

50

ている。従って、好ましくは、モデルが、改質装置 1 2 内に堆積した燃料を追跡して、燃料の吸着と脱着の割合を推定して、改質装置 1 2 内で化学反応のために利用可能な燃料を決定する。

【0030】

改質装置 1 2 内にかなりの温度勾配が一般に存在する場合、本出願の発明者は、改質装置 1 2 に一つの平均温度を用いて、本発明の目的を達成することができることを見つけている。

【0031】

式 (2) は、式 (1) の効果の後で、温度と利用可能な燃料に基づく割合と度合いで処理されることができると考えることができる。式 (3) は、第 3 番目のものであり、熱モデルに対し最も小さな影響を与えると考えることができる。反応の運動、吸着の割合、及び脱着の割合は、リアクターの構成と成分に基づき、最良には特定のシステム用に経験的に決定される。

【0032】

モデル予測は、感知された値と比較することができるが、この感知された値は、例えば、感知された温度でもよい。感知された温度は、例えば、改質装置 1 2 の排気、改質装置 1 2 又は改質装置 1 2 の通路内にある排気の温度でもよい。この温度は、改質装置 1 2 の任意の位置でもよいが、好ましくは、ランプパラメータモデルが用いられる時には、改質装置 1 2 の中心付近の位置である。測定された温度は、モデル予測との直接的な比較のために用いることができる。あるいは、測定された温度は、異なる位置や時間での温度を推定するために用いられてもよく、これは次に、改質装置の排気温度が改質装置の温度の推定に用いられる時や、測定された温度が温度測定を受取る際の時間遅れを修正する時に比較用に用いられてもよい。

【0033】

一例を挙げると、熱モデルに用いられる、指示された燃料の割合は、予期された温度を提供し、これは、指示された燃料の割合から実際に起因する測定された温度と比較される。この比較は、時間上の一点としてなされてもよく、又は、時間の広がりを含むようになされてもよい。例えば、 $t - \Delta t$ から t までの期間における予期された温度と実際の温度の間の差の 2 乗の積分として、時間 t での食い違い (discrepancy) を示すことができる。食い違いの大きさが所定の量を超える場合 (選択的に、関連する要因に基づく)、燃料噴射システムにフォールトがあると示唆される。

【0034】

他の例では、このモデルは、観察された、又は知られている温度を提供できるように、燃料の噴射割合を決定するために用いられてもよい。プロセス制御によって基本的に固定される場合、温度は知られていると考えられる場合がある。観察された又は知られた温度を与えると予期できる燃料噴射割合を見つけるために、モデルを用いることができる。予期された燃料噴射割合は、次に実際の燃料噴射割合と比較されて、フォールトが生じているか否かを決定することができる。

【0035】

例えば、予期された値を実際の差と比較する際、単なる差、絶対差、2 乗の差、又は上述されたもののうちの任意の積分を用いてもよい。これら差のうちで任意のものが閾値と比較されて、フォールトが生じているか否かについて決定する。この閾値は、固定されていてもよく、又は、例えば、触媒装置の温度のような要因に基づいていてもよい。適当な閾値は、燃料噴射システムが適切に機能している時であっても、生じる差の大きさを決定するために、測定された値に対するモデルの予想を比較することで選ぶことができる。閾値は、通常の差より上の適当な値で設定される。

【0036】

予期された値と実際の値の間の数値差よりはむしろ、予期された測定と実際の測定からフォールトを評価するために用いられる比較が、他の形態、例えば、ロジックや確率 (プロバビリティ) を用いてもよい。例えば、エキスパートシステムや、学習確率モデルを用

いることは可能である。学習確率モデルは、多数のトレーニングの例の適用を含み、これには、次の全て、即ち、予期された値、測定された値、フォールトの存在や不在が知られている。このような例を用いて、フォールトが存在する確率を、特別なフォールトの閾値を特定することなく、推定することができる。確率が所定の値を超える場合、フォールトを示唆することができる。

【0037】

フォールトの応答の例は、例えば、メモリー内にフォールトのコードを記録したり、示唆用のランプを用いてフォールトを示したり、及び／又は、燃料噴射システムに調整を加えることを含むことができる。調整の例として、予期された関係と実際の関係との間の差が、燃料噴射器に部分的な詰まりが生じたことを示唆し、投与制御システム41に、燃料噴射器をより大きな度合いで開口させることで、これを補償させることが指示されてもよい。

10

【0038】

図1に示した例では、触媒装置は、燃料改質装置12である。尚、本出願の発明者のコンセプトは、噴射された燃料の反応が行われる他の触媒装置においても、同様に適用することが可能である。このような装置の例として、酸化触媒、三元触媒、希薄 NO_x トラップ、及びディーゼル粒子フィルタを含むことができる。また、燃料の反応は、連続して又は並行して接続された複数の装置内でも生じることがある。

【0039】

排気燃料噴射システム内のフォールトの検出は、様々に用いることができる。フォールトの検出は、単に、公害制御全体を改善して、向上することができる。初期のフォールトの検出は、構成要素に対して損傷が加えられることを防ぐことができる。例えば、燃料が予定されたものよりも少なく噴射される時、燃料改質装置は、予定されたものよりも多く加熱することがあり、このため、この装置又は下流の位置の構成要素に対して損傷が加えられることがあり得る。本発明のシステムの特段の長所の一つとして、そうでなければ必要とすることになる、燃料フローメーターのようなさらなる構成要素の必要性を省くことができる構成要素だけを用いて、燃料噴射システムのフォールトを検出することができる。尚、燃料フローメーターの追加は、費用を増大させるだけでなく、これ自身もフォールトを生じさせる可能性がある。

20

【0040】

本発明のコンセプトは、スプレーの質のフォールトの検出にも用いることができる。例えば、スプレーの質のフォールトのため、改質装置の燃料噴射された上流が通常よりも小さな割合で霧化された場合、所定の時間の期間内で、改質装置12内で利用可能となる燃料がより少なくなることがあり得る。このような場合、スプレーが適切に霧化される時と同じ割合で依然として発熱反応(1)が行われることがあるが、これは、反応(1)が主に利用可能な酸素によって制限され、提供される燃料は、化学量論の割合より上で噴射されるためである。他方、吸熱反応(2)は、より小さな割合で行われる。ネット効果はより大きく改質装置12を加熱し、改質油の生成はより小さくなる。改質装置12内の燃料の吸収がより大きな量となり、改質装置12の上流での燃料の飛沫同伴がより大きくなるため、燃料噴射が停止された後でも、過度の熱の生成が続けられることがあり得る。これら効果は、フローメーターによっては検出されないが、本発明のコンセプトを用いることで、検出することができる。

30

40

【0041】

図2を参照すると、本発明の様々なコンセプトを実行できる、動力発生システム5について概略的に例示している。このシステム5には、エンジン9、変速機8、及び排気後処理システム7が含まれている。また、排気後処理システム7には、制御器10、燃料噴射器11、希薄 NO_x 触媒15、改質装置12、希薄 NO_x トラップ(LNT)13、アンモニアSCR触媒14、ディーゼル粒子フィルタ(DPF)16、及びクリーンアップ触媒17が含まれている。制御器10は、幾つかの源からデータを受信する。この源には、温度センサ20、21と NO_x センサ22、23が含まれる。制御器10は、エンジン制

50

御器（ECU）でもよく、これはまた、変速機 8 と排気後処理システム 7 を制御してもよく、また、これら機能を集中的に行う幾つかの制御器を含んでいてもよい。

【0042】

変速機 8 は、任意のタイプのものでよい。しかしながら、幾つかの実施形態では、変速機 8 は、幅広い範囲のトルクの乗数の多数から選択することができ、エンジン 9 が所望の駆動力に合う作動点の範囲を利用可能とするタイプのものである。例えば、変速機 8 は、連続的に可変な変速機（CVT）でもよい。

【0043】

希薄 NO_x 触媒 15 は、還元剤を用いて、エンジン排気から NO_x の一部を取り除くが、この還元剤は、典型的に炭化水素であって、排気の一部をなすか、希薄 NO_x 触媒 15 によって蓄えられたものである。DPF 16 は、排気から粒子を取り除く。希薄操作（希薄相）中、LNT 13 は、 NO_x の第二の部位を吸着する。アンモニア-SCR 触媒 14 は、LNT 13 の前の再生（リッチ相）からアンモニアを蓄えていてもよい。アンモニア-SCR 触媒 14 がアンモニアを蓄えている場合、これは、希薄排気から NO_x の第三の部位を取り除く。クリーンアップ触媒 17 は、CO と排気内に残されている未燃焼の炭化水素を酸化するように機能してもよい。

【0044】

経時的に、LNT 13 は、堆積した NO_x を取り除くために（脱硝）、再生されなくてはならない。脱硝は、改質装置 12 を作動温度まで加熱して、燃料噴射器 11 を用いて燃料を噴射することを含むことがある。改質装置 12 は、噴射された燃料を用いて、改質油の生成中、排気から酸素のほとんどを消費する。従って、改質油は、LNT 13 内で吸着された還元 NO_x を生成する。この NO_x の幾らかは NH_3 に還元され、このほとんどは、アンモニア-SCR 触媒 14 によって捕まえられて、続く希薄相中に、 NO_x を還元するために用いられる。クリーンアップ触媒 17 は、リッチ相中に排気内に残された残留酸素か、蓄えられた酸素を用いて、未使用の還元剤と吸着されていない NH_3 を酸化する。再生中、希薄 NO_x 触媒 15 は、後の使用のために、還元剤を蓄えてもよい。

【0045】

また LNT 13 は、経時的に、堆積した硫黄の成分を取り除くために（脱硫：desulfated）、再生されなくてはならない。脱硫には、改質装置 12 を作動温度まで加熱して、LNT 13 を脱硫用の温度まで加熱して、加熱された LNT 13 に還元環境を提供することを含む。改質装置用の作動温度は、改質装置の構成に基づく。脱硫用の温度は変化することがあるが、典型的に、約 500 から約 800 °C の範囲内にあり、より典型的には、約 650 から約 750 °C の範囲内にある。最小温度以下では、脱硫は非常に遅くなる。また、最大温度以上では、LNT 13 が損傷を受けるおそれがある。

【0046】

希薄 NO_x 触媒 15 は、HC-SCR 触媒、CO-SCR 触媒、又は H_2 -SCR 触媒でもよい。例えば、HC-SCR 触媒は、難溶性酸化物（refractory oxide）上に搭載された、又は沸石に交換された、遷移金属を含んでいてもよい。遷移金属の例として、銅、クロミウム、鉄、コバルト、ニッケル、カドミウム、銀、金、イリジウム、プラチナ及びマンガン、さらにこれらの混合物が含まれる。難溶性酸化物の例として、アルミナ、ジルコニア、シリカーアルミナ及びチタニアが含まれる。利用可能な沸石には、ZSM-5、Y 沸石、モルデン沸石及びフェレライト（Ferrerite）が含まれる。好ましい沸石は、5 よりも大きな Si : Al の比を有し、選択的に、20 よりも大きな比を有する。HC-SCR 触媒に基づく沸石の具体例として、Cu-ZSM-5、Fe-ZSM-5、及び Co-ZSM-5 が含まれる。CeO₂ コーティングによって、これら触媒の水と SO₂ の不活性を減らすことができる。Cu-ZSM-5 は、約 300 から約 450 °C の温度範囲内で効果的である。触媒に基づく難溶性酸化物の具体例として、アルミナがサポートされた銀が含まれる。効果的な温度の窓を広げるために、2 つ又は複数の触媒を組み合わせることは可能である。

【0047】

10

20

30

40

50

炭化水素を蓄える機能が望まれる場合、沸石が効果的である。米国特許第6, 202, 407号明細書には、炭化水素を蓄える機能を有するHC-SCR触媒について開示されている。この触媒は、両性の金属酸化物である。この金属酸化物は、酸と塩基の双方にと反応できるという意味で、両性である。具体例として、ガンマーアルミナ、 Ga_2O_3 及び ZrO_2 が含まれる。選択的に、貴金属を用いてもよい。貴金属が用いられる場合、Pt、Pd又はRhの替わりに、より安価な貴金属、例えば、Cu、Ni又はSnを用いることができる。

【0048】

本明細書では、用語「炭化水素」には、基本的に水素と炭素原子を含む全ての種類が含まれるが、HC-SCR触媒は、全ての炭化水素分子に対して活性を示す必要がない。例えば、幾つかのHC-SCR触媒は、短鎖の炭化水素を用いるのにより適していてもよく、またHC-SCR触媒は、一般に、 CH_4 に対して実質的な活性を示すことを予期されていない。

【0049】

CO-SCR触媒の例として、難溶性酸化物のサポート上の貴金属が含まれる。具体例として、 CeO_2 - ZrO_2 サポートとCu及び／又はFe-ZrO₂サポート上のRhが含まれる。

【0050】

また、 H_2 -SCR触媒の例には、難溶性酸化物のサポート上の貴金属が含まれる。具体例として、 LaMnO_3 、 CeO_2 及び MnO_2 の混合上でサポートされたPt、 ZrO_2 及び TiO_2 の混合上でサポートされたPt、MgO上でサポートされたRu、及び Al_2O_3 上でサポートされたRuが含まれる。

【0051】

希薄 NO_x 触媒15は、図1に示した位置とは異なる場所に配置することができる。実施例の一つでは、希薄 NO_x 触媒15を燃料噴射器11の上流に配置する。他の実施例では、希薄 NO_x 触媒を改質装置12の下流に配置して、希薄 NO_x 触媒15が還元剤のような改質装置生成物を使用できるようにしてもよい。さらなる実施例では、希薄 NO_x 触媒15をLNT13の十分に下流に配置して、LNT13の脱硫(desulfating)に関する高温から、希薄 NO_x 触媒15を保護できるようにしてもよい。

【0052】

燃料改質装置は、燃料を完全に燃焼させなくとも、重い燃料をより軽い成分に転換させる装置である。燃料改質装置は、触媒改質装置やプラズマ改質装置でもよい。好ましくは、改質装置12は、部分的に酸化する触媒改質装置である。部分的に酸化する触媒改質装置は、改質装置触媒を含む。改質装置触媒の例として、貴金属、例えば、Pt、Pd又はRuと、Al、Mg及びNiの酸化物を含み、後者のグループは、典型的に、一つ又は複数のCaO、 K_2O と、Ceのような貴土類金属の組合せであって、活性を高める。改質装置は、好ましくは、500℃以下の温度で主に機能するように構成された三元触媒や酸化触媒と比べて、大きさが小さい。部分的に酸化する触媒改質装置は、一般に、約600から約1100℃の温度で作用する。

【0053】

NO_x 吸着触媒13は、任意の適当な NO_x 吸着材料を含むことができる。 NO_x 吸着材料の例として、Mg、Ca、Sr及びBeのようなアルカリ土壌金属や、K又はCeのようなアルカリ金属の酸化物、炭酸塩及び水酸化物が含まれる。 NO_x 吸着材料のさらなる例として、沸石、アルミナ、シリカ、及び活性炭のような分子篩（モレキュラーシーブ）が含まれる。また、さらなる例として、金属リン酸塩、例えば、チタニウムとジルコニウムのリン酸塩がある。一般に、 NO_x 吸着材料は、アルカリ土壌酸化物である。吸着剤は、典型的に、バインダーと組合わされて、セルフサポート構造に形成されるか、又は、不活性の基質上にコーティングされるように加えられる。

【0054】

また、LNT13は、還元環境内で NO_x の還元用の触媒を含む。この触媒は、例えば

10

20

30

40

50

、一つ又は複数の貴金属、例えば、Au、Ag及びCu、グループVIIIの金属、例えば、Pt、Pd、Ru、Ni及びCo、Cr、Mo又はKでもよい。典型的な触媒はPtとRhを含むが、N₂上でNH₃を生成するために、Rhを減らしたり、除くことが望ましい場合がある。また、貴金属の触媒は、アルカリ土類酸化物の吸着剤の吸着機能を助ける。

【0055】

本発明に従う吸着剤と触媒は一般に、自動車の排気システムに用いられるのに適する。自動車の排気システムは、重量、寸法及び耐久性に基づく制限がある。例えば、自動車の排気システム用のNO_x吸着ベッドは、自動車の操作中に生じる振動下で、デグラデーションに対し十分な耐性を有する必要がある。

【0056】

吸着ベッド又は触媒ブリックは、任意の適当な構造を有することができる。適当な構造の例として、モノリス、パック層、レイヤ状のスクリーニング等でもよい。パック層は、好ましくは、粒子を焼結したり、バインダーを用いて付着させるように、結合集団に形成される。層が吸着機能を有する場合、好ましくは、任意の厚い壁、大きな粒子、又は厚いコーティングは、マクロの有孔性の構造を有し、吸着作用が生じる所のマイクロな孔に対するアクセスを容易にする。マクロの有孔性の構造は、互いに焼結されたり、バインダーを用いて互いに結ばれた吸着装置の小さな粒子から、壁、粒子、又はコーティングを形成することで得ることができる。

【0057】

アンモニアSCR触媒14は、希薄排気内でNO_xをN₂に還元させるように、NO_xとNH₃との間で触媒反応を行える触媒である。SCR触媒の例として、Cu、Zn、V、Cr、Al、Ti、Mn、Co、Fe、Ni、Pd、Pt、Rh、Ru、Mo、W、及びCeのような金属の酸化物、沸石、例えば、ZSM-5又はZSM-11であり、Cu、Co、Ag、Zn、又はPtのカチオンのような金属イオンと置換されたもの、及び活性炭を含む。好ましくは、アンモニアSCR触媒14は、LNT13を脱硫するのに必要な温度に対して耐性があるように構成される。

【0058】

粒子フィルタ16は、任意の適当な構造を有することができる。適当な構造の例として、モノリシックの壁のフローフィルタであって、典型的にセラミックから形成され、特に、堇青石やSiC、セラミックフォーム（ceramic foams）のブロック、有孔性の焼結された金属や金属フォームの一体状構造、セラミックや金属ファイバーのような耐温性ファイバーの巻き付けられたり、織り込まれたり、又は組込まれた構造から形成されていてもよい。フィルターエレメント用の典型的な孔の大きさは、約10 µmか、これよりも小さい。選択的に、改質装置12、LNT13、希薄NO_x触媒15又はアンモニアSCR触媒14の一つ又は複数を、DPF16の構造内に、又はコーティングとして、一体にしているもよい。

【0059】

DPF16は、堆積したすすを取り除くため、再生される。DPF16は、連続的に又は間欠的に再生されるタイプでもよい。間欠的に再生される場合、DPF16は、例えば改質装置12を用いて、加熱される。DPF16は、堆積されたすすがO₂と燃焼する温度まで、加熱される。この温度は、適当な触媒を備えたDPF16を提供することによって、低めることができる。DPF16が加熱された後、酸素が豊富な環境内ですすが燃焼される。

【0060】

連続的に再生される場合、DPF16は、NO₂とO₂の双方によってすすの燃焼を促進する触媒を備えていてもよい。NO₂とO₂の双方によってすすの酸化を促進する触媒の例として、Ce、Zr、La、Y及びNdの酸化物が含まれる。間欠的に再生することの必要性を完全に省くため、NOをNO₂に酸化することを促進する酸化触媒をさらに加えることで、すすが堆積するとすぐに燃焼できるように十分なNO₂を提供できることを必要としてもよい。再生が連続的な場合、DPF16は、改質装置12の上流側に置かれるの

10

20

30

40

50

に適する。また、D P F 1 6 が連続的に再生されない場合、一般的に、改質装置 1 2 の下流側に図示するように置かれる。図 2 に示すように配置することの長所として、D P F 1 6 は、改質装置 1 2 と L N T 1 3 の間の温度を和らげることができる。

【0061】

クリーンアップ触媒 1 7 は、好ましくは、エンジン 9、未使用の還元剤からの未燃焼の炭化水素、 NO_x 吸着触媒 1 3 から解放され、アンモニア-SCR触媒 1 5 によって酸化されていない H_2S を酸化するように機能する。任意の適当な酸化触媒を用いることができる。典型的な酸化触媒は貴金属、例えば、プラチナである。リッチな状況下でもクリーンアップ触媒 1 7 を機能可能にするため、セリアのような酸素を蓄えることができる構成要素を触媒に備えていてもよい。 H_2S の除去が求められる場合、 NiO 、 Fe_2O_3 、 MnO_2 、 CoO 、及び CrO_2 のようなさらなる構成要素を一つ又は複数用いてもよい。

10

【0062】

以上、本発明は、添付した特許請求の範囲に記載されているように、幾つかのコンセプト、構成要素、及び特徴に関して、図示及び／又は説明がされている。本明細書では、特定の構成要素や特徴についての説明が、複数のコンセプトや例の一つだけに関して、広い又は狭い用語の双方についてなされた所があるが、これら広い又は狭い意味での構成要素や特徴は、これら広い又は狭い意味での一つ又は他の構成要素や特徴と組合わされていてもよく、但し、この組合せは、当該技術分野における当業者によって理論的であると認められるように行われるものとする。また、この一つの説明は、一つ以上の発明について記載されており、添付した特許請求の範囲の請求項は、ここで記載した全てのコンセプト、

20

【産業上の利用可能性】

【0063】

本発明は、動力発生システムから放出されるエミッションの制御に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図 1】本発明のコンセプトの一つに従う燃料噴射システムのフォールト検出システムについて概略的に示した図である。

【図 2】本発明の様々なコンセプトを用いることができる排気処理システムについて概略的に例示した図である。

30

【符号の説明】

【0065】

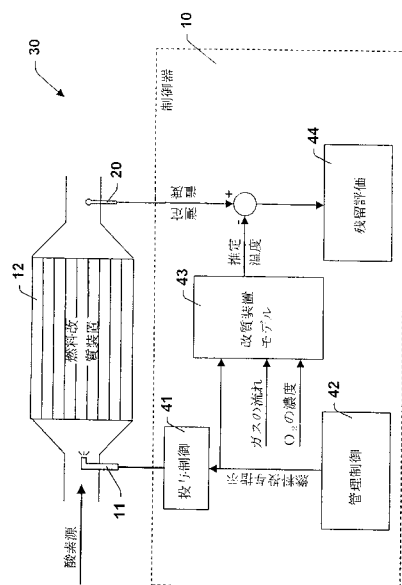
5	動力発生システム
7	排気後処理システム
8	変速機
9	エンジン
10	制御器
11	燃料噴射器
12	燃料改質装置
13	希薄 NO_x トラップ (LNT)
14	アンモニア-SCR触媒
15	希薄 NO_x 触媒
16	ディーゼル粒子フィルタ (DPF)
17	クリーンアップ触媒
20、21	センサ (温度センサ、温度測定装置)
22、23	センサ (NO_x センサ)
30	燃料噴射システムの診断装置
41	投与制御システム
42	管理制御システム

40

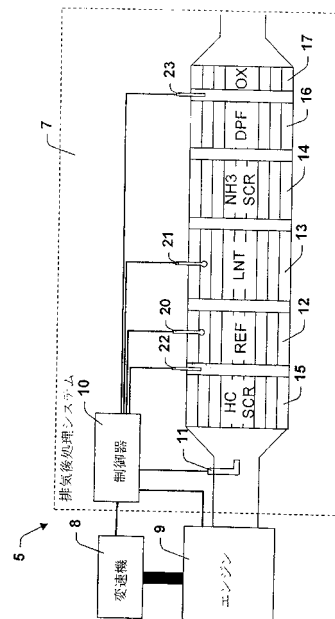
50

- 4 3 改質装置モデル
4 4 残留評価サブシステム

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
F O 1 N	3/28	(2006.01)	F O 1 N 3/28	3 O 1 C
F O 2 M	27/02	(2006.01)	F O 1 N 3/08	A
B O 1 D	53/94	(2006.01)	F O 2 M 27/02	J
			B O 1 D 53/36	1 O 1 A
			B O 1 D 53/36	1 O 1 B

(74)代理人 100135035
 弁理士 田上 明夫
 (74)代理人 100131266
 弁理士 ▲高▼ 昌宏
 (74)代理人 100093193
 弁理士 中村 壽夫
 (74)代理人 100104385
 弁理士 加藤 勉

(72)発明者 ヨハネス ウォルター ロイター
 アメリカ合衆国 4 8 1 9 7 ミシガン、イプシランティ、センチュリー シーティー. 3 8 1 8
 Fターム(参考) 3G091 AA18 AB02 AB06 BA14 BA31 CA18 DC07 EA17 HA37
 3G384 AA03 BA11 BA31 DA14 DA42 ED07 FA45Z
 4D048 AA06 AB02 AB07 AC02 AC04 BA01X BA03X BA06Y BA07Y BA08X
 BA11X BA14Y BA15Y BA17Y BA18X BA19X BA28X BA30X BA31Y BA32X
 BA33Y BA34Y BA35X BA41X BA42X BB01 BB02 BB03 CC32 CC36
 CC44 CC47 CD05 CD08 EA04 EA07

【外国語明細書】

Title of Invention

05-ERC-417

Model Based Diagnostics for an Aftertreatment Fuel Dosing System

Field of the Invention

[0001] The present invention relates to systems for injecting fuel into exhaust lines for exhaust aftertreatment.

Background

[0002] NO_x emissions from diesel engines are an environmental problem. Several countries, including the United States, have long had regulations pending that will limit NO_x emissions from trucks and other diesel-powered vehicles. Manufacturers and researchers have put considerable effort toward meeting those regulations.

[0003] In gasoline powered vehicles that use stoichiometric fuel-air mixtures, three-way catalysts have been shown to control NO_x emissions. In diesel-powered vehicles, which use compression ignition, the exhaust is generally too oxygen-rich for three-way catalysts to be effective.

[0004] Several solutions have been proposed for controlling NO_x emissions from diesel-powered vehicles. One set of approaches focuses on the engine. Techniques such as exhaust gas recirculation and partially homogenizing fuel-air mixtures are helpful, but these techniques alone will not eliminate NO_x emissions. Another set of approaches remove NO_x from the vehicle exhaust. These include the use of lean-burn NO_x catalysts, selective catalytic reduction (SCR), and lean NO_x traps (LNTs).

[0005] Lean-burn NO_x catalysts promote the reduction of NO_x under oxygen-rich conditions. Reduction of NO_x in an oxidizing atmosphere is difficult. It has proven challenging to find a lean-burn NO_x catalyst that has the required activity, durability, and operating temperature range. Lean-burn NO_x catalysts also tend to be hydrothermally unstable. A noticeable loss of activity occurs after relatively little use. Lean-burn NO_x catalysts typically employ a zeolite wash coat, which is thought to provide a reducing microenvironment. The introduction of a reductant, such as diesel fuel, into the exhaust is generally required and introduces a fuel economy penalty of 3% or more. Currently, peak NO_x conversion efficiencies for lean-burn

NOx catalysts are unacceptably low.

[0006] SCR generally refers to selective catalytic reduction of NOx by ammonia. The reaction takes place even in an oxidizing environment. The NOx can be temporarily stored in an absorbent or ammonia can be fed continuously into the exhaust. SCR can achieve high levels of NOx reduction, but there is a disadvantage in the lack of infrastructure for distributing ammonia or a suitable precursor. Another concern relates to the possible release of ammonia into the environment.

[0007] LNTs are devices with NOx absorbents and catalysts that reduce NOx during regeneration. The absorbent is typically an alkaline earth oxide absorbent, such as BaCO₃ and the catalyst is typically a precious metal, such as Pt or Ru. In lean exhaust, the catalyst speeds oxidizing reactions that lead to NOx adsorption. Accumulated NOx is removed and the LNT is regenerated by creating a reducing environment within the LNT. In a reducing environment, the catalyst activates reactions by which adsorbed NOx is reduced and desorbed.

[0008] A LNT can produce ammonia during regeneration. Accordingly, it has been proposed to combine a LNT and an ammonia SCR catalyst into one system. Ammonia produced by the LNT during regeneration is captured by the SCR catalyst for subsequent use in reducing NOx, thereby improving conversion efficiency over a stand-alone LNT with no increase in fuel penalty or precious metal usage. U.S. Pat. No. 6,732,507 describes such a system. U.S. Pat. Pub. No. 2004/0076565 describes such systems wherein both components are contained within a single shell or disbursed over one substrate. WO 2004/090296 describes such a system wherein there is an inline reformer upstream of the LNT and the SCR catalyst.

[0009] Creating a reducing environment for LNT regeneration involves eliminating most of the oxygen from the exhaust and providing a reducing agent. Except where the engine can be run stoichiometric or rich, a portion of the reductant reacts within the exhaust to consume oxygen. The amount of oxygen to be removed by reaction with reductant can be reduced in various ways. If the engine is equipped with an intake air throttle, the throttle can be used. The transmission gear ratio can be changed to shift the engine to an operating point that produces equal power but contains less oxygen. However, at least in the case of a diesel engine, it is generally necessary to eliminate some of the oxygen in the exhaust by combustion or reforming reactions with reductant that is injected into the exhaust.

[0010] Reductant can be injected into the exhaust by the engine or a separate fuel injection device. For example, the engine can inject extra fuel into the exhaust within one or more cylinders prior to expelling the exhaust. Alternatively, or in addition, reductant can be injected into the exhaust downstream of the engine. The latter approach has the advantage that it permits the addition of an aftertreatment system to an existing engine without requiring changes in the engine design or operation.

[0011] The reactions between reductant and oxygen can take place in the LNT, although it is generally preferred for the reactions to occur in a catalyst upstream of the LNT, whereby the heat of reaction does not cause large temperature increases within the LNT during regenerations.

[0012] U.S. Pat. Pub. No. 2003/0101713 describes an exhaust treatment system with a fuel reformer placed in the exhaust line upstream of a LNT. The reformer includes both oxidation and reforming catalysts. The reformer both removes excess oxygen and converts the diesel fuel reductant into more reactive reformate. For desulfations, heat produced by the reformer is used to raise the LNT to desulfations temperatures. The diesel fuel injection may be pulsed to control the reformer temperature.

[0013] In spite of advances, there continues to be a long felt need for an affordable and reliable exhaust treatment system that is durable, has a manageable operating cost (including fuel penalty), and is practical for reducing NO_x emissions from diesel engines to a satisfactory extent in the sense of meeting U.S. Environmental Protection Agency (EPA) regulations effective in 2010 and other such regulations. On board diagnostic systems may be useful in conjunction with the above-described concepts in meeting these objectives. In particular, where an exhaust line fuel injector is used to supply fuel to a fuel reformer for LNT regeneration, a diagnostic system for the fuel injector would be desirable in that a fuel injector would be subject to a number of possible faults. Valves can become stuck, nozzles can become worn, and pipes can break.

Summary

[0014] One of the inventor's concepts relates to a method of detecting faults in an exhaust line fuel injection system. The method uses a relationship between a

temperature within the exhaust system and a commanded fuel injection rate or amount to detect the fault. The temperature is preferably a temperature of, within, or downstream of an exhaust system device that catalyzes an oxidation or partial oxidation reaction of the fuel, such as an oxidation catalyst or a fuel reformer. An expected relationship is compared to an actual relationship to detect a fault. The expected relationship may be defined in terms of a thermal model of a system comprising the catalytic device. The actual relationship involves an observed value. The observed value may be a measured temperature. Alternatively, where the temperature is essentially fixed by process control, the observed value may be a fuel valve setting, or the like, or a fuel flow rate. A fault is indicated when the discrepancy between the expected relationship and the actual relationship meets a specified criteria. The method can be used to detect fuel injector faults without the use of flow meter.

[0015] Another of the inventor's concept relates to a fuel reforming system comprising a fuel reformer, an exhaust fuel injection system, a temperature measuring device, and an electronic controller. The controller is configured to diagnose a condition of the fuel injection system using a thermal model of a system comprising the fuel reformer. The system can be used to diagnose faults in the fuel injection system without relying on a fuel flow meter. The system can also be used to detect spray quality faults.

[0016] The primary purpose of this summary has been to present certain of the inventor's concepts in a simplified form to facilitate understanding of the more detailed description that follows. This summary is not a comprehensive description of every one of the inventor's concepts or every combination of the inventor's concepts that can be considered "invention". Other concepts of the inventor will be conveyed to one of ordinary skill in the art by the following detailed description together with the drawings. The specifics disclosed herein may be generalized, narrowed, and combined in various ways with the ultimate statement of what the inventor claims as his invention being reserved for the claims that follow.

Brief Description of the Drawings

[0017] Fig. 1 is a schematic illustration of a fuel injection system fault detection system according to one of the inventor's concepts.

[0018] Fig. 2 is a schematic illustration of an exemplary exhaust treatment system in which various concepts of the inventor can be implemented.

Detailed Description

[0019] The various concepts of the inventor are applicable to exhaust line fuel injection systems. An exhaust line fuel injection system supplies fuel to the exhaust from an internal combustion engine. Fuel may be supplied to the exhaust in order to heat an exhaust aftertreatment device and/or to create a reducing atmosphere for regenerating an exhaust aftertreatment device. Examples of devices that may require heating include lean NO_x catalysts, LNTs, and DPFs. A reducing atmosphere may be created, for example, to regenerate a LNT. Typical fuels are hydrocarbons such as gasoline and diesel fuels.

[0020] An exhaust line fuel injection system typically comprises a pump, a valve, and a nozzle. The pump can be a pump that also supplies fuel to the engine. The valve can control the fuel supply through the nozzle through a degree of opening and/or a fraction of time spent open. The nozzle typically has an orifice that creates a spray that facilitates mixing of the fuel with the exhaust. Baffles or other devices can be used to promote mixing of the fuel with the exhaust within the exhaust line.

[0021] Within the exhaust line, the fuel undergoes reactions with oxygen-containing exhaust gas components such as oxygen, steam, and carbon dioxide. These reactions generally take place in a device comprising a catalyst. The device can be any device comprising a suitable catalyst, including for example a fuel reformer, an oxidation catalyst, or a LNT.

[0022] The invention is particularly suitable for mobile applications, which include vehicles such as cars and trucks. Mobile applications create exceptional demands for durability and reliability.

[0023] Figure 1 is a schematic illustration of an exemplary fuel injection system diagnostic apparatus 30. At times and in amounts determined by the supervisory control system 42 and implemented by the dosing control system 41, fuel is dosed to the fuel reformer 12 through the fuel injector 11. The fuel reacts with oxygen-containing compounds in the exhaust within the fuel reformer 12, thereby consuming oxygen, producing reformat, and releasing or adsorbing heat. The sensor 20 detects a temperature, which is a temperature of the reformer exhaust in the

illustrated example. The detected temperature is compared to an estimate from the reformer model 43 in the residual evaluation subsystem 44. The comparison is used to detect faults in the fuel injector 11 or related fuel injection system components.

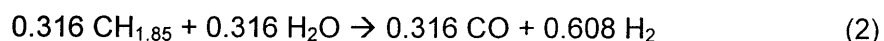
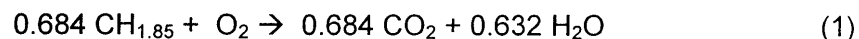
[0024] While the system of Figure 1 is illustrated with the reformer model 43, the inventor contemplates various ways in which an expected relationship between a fueling rate or amount and a temperature could be encoded. Possible approaches include, for example, tables and expert systems in addition to models. A model can be, for example, a learning probabilistic model or a model based on conservation equations. A preferred model comprises a thermal model, which is a model based in part on an energy conservation equation. A thermal model can be zero, one, two, or three-dimensional, although the inventor has found that a zero-dimensional lumped parameter model can suffice.

[0025] A lumped parameter model generally includes at least a term for heat convection into the model system, a term for heat convection out of the model system, a term for heat taken up by the catalytic device, and a term for heat generated by chemical reaction. Heat losses to the surrounding can also be considered, but generally have a small effect.

[0026] The heat convection rate into the reformer 12 is the production of the exhaust specific heat, the exhaust temperature, and the exhaust mass flow rate. The exhaust mass flow rate can be measured or estimated using an intake air flow rate measurements, an engine fuel flow rate measurement, or simply with data available from the engine control unit (ECU). The temperature of the exhaust entering the reformer 12 can be measured or determined from the engine operating point.

[0027] The heat convection rate out of the reformer 12 depends on the temperature of the exhaust leaving the reformer 12. That temperature can be measured. Where the temperature of the reformer 12 is measured, the reformer exhaust gas temperature can be approximated as equally the reformer temperature.

[0028] The chemical reactions in the fuel reformer 12 can be modeled as a combination of the three following reactions:



wherein $\text{CH}_{1.85}$ represents an exemplary reductant, such as a diesel fuel, with a 1.85 ratio between carbon and hydrogen. Reaction (1) is exothermic complete combustion by which oxygen is consumed. Reaction (2) is endothermic steam reforming, which results in reformat production. Reaction (3) is the water gas shift reaction.

[0029] Reaction (1) can be considered to proceed at a rate and to an extent dependent on temperature, oxygen availability where fuel is in excess, fuel availability when oxygen is in excess, but independently of Reaction (2). The oxygen availability depends at least on the oxygen flow rate into the reformer 12. If the reformer 12 has a significant oxygen storage capacity, then it may be desirable to include terms for the rates of oxygen adsorption and desorption. The oxygen concentration of the exhaust flowing into the reformer 12 can also be measured or estimated using data available from the ECU.

[0030] The fuel availability in the reformer 12 is dependent on the fuel supply rate. In addition, the inventor has found that fuel adsorption and desorption rates within the reformer 12 can be significant. Accordingly, it is preferred that the model tracks fuel accumulation within the reformer 12 and estimates fuel adsorption and desorption rates to determine the fuel availability for chemical reactions within the reformer 12.

[0031] While a significant temperature gradient generally exists within the reformer 12, the inventor has found that the purposes of the invention can be achieved using a single average temperature for the reformer 12.

[0032] Reaction (2) can be considered to proceed at a rate and to an extent dependent on temperature and the availability of fuel after the effect of Reaction (1). Reaction (3) can be considered third, and has the least impact on a thermal model. Reaction kinetics, adsorption rates, and desorption rates depend on reactor geometry and composition and are best determined experimentally for a particular system.

[0033] A model prediction can be compared to a sensed value, which may be a sensed temperature. A sensed temperature can be, for example, any of the reformer 12 exhaust, the reformer 12 or the exhaust within a passage of the reformer 12. The temperature can be at any point in the reformer 12, but is preferably a point near the center of the reformer 12 when the lumped parameter model is used. The

measured temperature can be used in a direct comparison with a model prediction. Alternatively, the measured temperature can be used to infer a temperature at a different position or time, which is in turn used in the comparison, as when the reformer exhaust temperature is used as an estimate for the reformer temperature, or when a measured temperature is corrected for the time delay in receiving the temperature measurement.

[0034] In one example, the commanded fuel rate is used in a thermal model to provide an expected temperature, which is compared to a measured temperature that actually resulted from the commanded fuel rate. The comparison can be made at a single point in time, or can involve a span of time. For example, the discrepancy at time t can be characterized by the integral of the square of the difference between the expected temperature and the actual temperature over a period from $t-\Delta t$ to t . If the magnitude of the discrepancy exceeds a certain amount (optionally depending on relevant factors) then a fuel injection system fault is indicated.

[0035] In another example, the model can be used to determine a fuel injection rate that would provide an observed or known temperature. A temperature might be considered known if it is essentially fixed by process control. A model can then be used to find a fuel injection rate that would be expected to give the observed or known temperature. The expected fuel injection rate can then be compared to an actual fuel injection rate to determine whether a fault has occurred.

[0036] In comparing an expected value to an actual value a simple difference, an absolute difference, a squared difference, or an integral of any of the foregoing can be used, for example. Any of these differences can be compared to threshold value to determine whether a fault exists. The threshold can be fixed, or can depend on factors such as the catalytic device temperature. An appropriate threshold can be chosen by comparing the model predictions to measured values in order to determine the magnitude of differences that occur even when the fuel injection system is working properly. The threshold is set at an appropriate value above the normal difference.

[0037] Rather than a numerical difference between an expected and an actual value, the comparison used in evaluating a fault from expected and actual measurements can use other forms, such as logic or probability. For example, an expert system or a learning probabilistic model can be used. A learning probabilistic

model involves the application of numerous training examples wherein all of the following are known: the expected value, the measured value, and the presence or absence of a fault. With the aid of such examples, the probability that a fault exists can be estimated without specifying a particular fault threshold. If the probability exceeds a predetermined value, a fault can be registered.

[0038] Examples of fault responses can include, for example, recording a fault code in a memory, signaling the fault through an indicator lamp, and/or making an adjustment to the fuel injection system. As an example of an adjustment, where the difference between the expected relationship and the actual relationship is indicative of a partially clogged fuel injector, the dosing control system 41 can be instructed to compensate by opening the fuel injector to a greater degree.

[0039] In the example of Figure 1, the catalytic device is the fuel reformer 12. The inventor's concepts are equally applicable to other catalytic devices wherein reactions of injected fuel take place. Examples of such device may include oxidation catalysts, three-way catalysts, lean NO_x traps, and diesel particulate filters. The reactions of the fuel may also take place in a plurality of devices connected serially or in parallel.

[0040] The detection of faults in an exhaust fuel injection system is useful in several ways. Fault detection simplifies repairs and improves overall pollution control. Early fault detection can avoid damage to components. For example, when less fuel is injected than intended, a fuel reformer can heat more than intended – possibly to the point where it or a downstream component is damaged. One particular advantage of the present system is that it permits the detection of fuel injection system faults using only components that are likely to be otherwise required and thereby eliminates the need for additional components, such as a fuel flow meter. A fuel flow meter would add expense and would itself be subject to failure.

[0041] The inventor's concepts can be used to detect spray quality faults. For example, if due to a spray quality fault the fuel injected upstream of a reformer is atomized to a lesser extent than normal, less fuel may be available within the reformer 12 during a given period of time. In such a case, the exothermic Reaction (1) may still proceed to the same extent as when the spray is properly atomized, as Reaction (1) is primarily limited by oxygen availability, provided fuel is injected above the stoichiometric rate. On the other hand, the endothermic Reaction (2) will

proceed to a lesser extent. The net effect will be greater heating of the reformer 12 and less reformat production. Excess heat production may continue after fuel injection ceases due to a greater amount of fuel absorption within the reformer 12 and greater fuel entrainment upstream of the reformer 12. These effects would not be detected by a flow meter, but could be detected using to the inventor's concepts.

[0042] Figure 2 provides a schematic illustration of an exemplary power generation system 5 in which various concepts of the inventor can be implemented. The system 5 comprises an engine 9, a transmission 8, and an exhaust aftertreatment system 7. The exhaust aftertreatment system 7 includes a controller 10, the fuel injector 11, a lean NOx catalyst 15, the reformer 12, a lean NOx-trap (LNT) 13, an ammonia-SCR catalyst 14, a diesel particulate filter (DPF) 16, and a clean-up catalyst 17. The controller 10 receives data from several sources; including temperature sensors 20 and 21 and NOx sensors 22 and 23. The controller 10 may be an engine control unit (ECU) that also controls the transmission 8 and the exhaust aftertreatment system 7 or may include several control units that collectively perform these functions.

[0043] The transmission 8 can be of any type. In some embodiments, however, the transmission 8 is of a type that allows selection from among a large number of widely ranging torque multipliers and makes available a range of operating points at which the engine 9 can meet a given power demand. For example, the transmission 8 can be a continuously variable transmission (CVT).

[0044] The lean-NOx catalyst 15 removes a portion of the NOx from the engine exhaust using reductants, typically hydrocarbons that form part of the exhaust or have been stored by the lean-NOx catalyst 15. The DPF 16 removes particulates from the exhaust. During lean operation (a lean phase), the LNT 13 adsorbs a second portion of the NOx. The ammonia-SCR catalyst 14 may have ammonia stored from a previous regeneration of the LNT 13 (a rich phase). If the ammonia-SCR catalyst 14 contains stored ammonia, it removes a third portion of the NOx from the lean exhaust. The clean-up catalyst 17 may serve to oxidize CO and unburned hydrocarbons remaining in the exhaust.

[0045] From time-to-time, the LNT 13 must be regenerated to remove accumulated NOx (denitrated). Denitration may involve heating the reformer 12 to an operational temperature and then injecting fuel using the fuel injector 11. The

reformer 12 uses the injected fuel to consume most of the oxygen from the exhaust while producing reformat. The reformat thus produced reduces NO_x adsorbed in the LNT 13. Some of this NO_x is reduced to NH₃, most of which is captured by the ammonia-SCR catalyst 14 and used to reduce NO_x during a subsequent lean phase. The clean-up catalyst 17 oxidizes unused reductants and unadsorbed NH₃ using stored oxygen or residual oxygen remaining in the exhaust during the rich phases. During regeneration, the lean-NO_x catalyst 15 may store reductant for later use.

[0046] From time-to-time, the LNT 13 must also be regenerated to remove accumulated sulfur compounds (desulfated). Desulfation may involve heating the reformer 12 to an operational temperature, heating the LNT 13 to a desulfating temperature, and providing the heated LNT 13 with a reducing atmosphere. An operational temperature for the reformer depends on the reformer design. Desulfating temperatures also vary, but are typically in the range from about 500 to about 800 °C, more typically in the range from about 650 to about 750 °C. Below a minimum temperature, desulfation is very slow. Above a maximum temperature, the LNT 13 may be damaged.

[0047] The lean-NO_x catalyst 15 can be either an HC-SCR catalyst, a CO-SCR catalyst, or a H₂-SCR catalyst. Examples of HC-SCR catalysts include transitional metals loaded on refractory oxides or exchanged into zeolites. Examples of transition metals include copper, chromium, iron, cobalt, nickel, cadmium, silver, gold, iridium, platinum and manganese, and mixtures thereof. Exemplary of refractory oxides include alumina, zirconia, silica-alumina, and titania. Useful zeolites include ZSM-5, Y zeolites, Mordenite, and Ferrerite. Preferred zeolites have Si:Al ratios greater than about 5, optionally greater than about 20. Specific examples of zeolite-based HC-SCR catalysts include Cu-ZSM-5, Fe-ZSM-5, and Co-ZSM-5. A CeO₂ coating may reduce water and SO₂ deactivation of these catalysts. Cu/ZSM-5 is effective in the temperature range from about 300 to about 450 °C. Specific examples of refractory oxide-based catalysts include alumina-supported silver. Two or more catalysts can be combined to extend the effective temperature window.

[0048] Where a hydrocarbon-storing function is desired, zeolites can be effective. U.S. Pat. No. 6,202,407 describes HC-SCR catalysts that have a hydrocarbon storing function. The catalysts are amphoteric metal oxides. The metal oxides are amphoteric in the sense of showing reactivity with both acids and bases. Specific

examples include gamma-alumina, Ga_2O_3 , and ZrO_2 . Precious metals are optional. Where precious metals are used, the less expensive precious metals such as Cu, Ni, or Sn can be used instead of Pt, Pd, or Rh.

[0049] In the present disclosure, the term hydrocarbon is inclusive of all species consisting essentially of hydrogen and carbon atoms, however, a HC-SCR catalyst does not need to show activity with respect to every hydrocarbon molecule. For example, some HC-SCR catalysts will be better adapted to utilizing short-chain hydrocarbons and HC-SCR catalysts in general are not expected to show substantial activity with respect to CH_4 .

[0050] Examples of CO-SCR catalysts include precious metals on refractory oxide supports. Specific examples include Rh on a CeO_2 - ZrO_2 support and Cu and/or Fe ZrO_2 support.

[0051] Examples of H_2 -SCR catalysts also include precious metals on refractory oxide supports. Specific examples include Pt supported on mixed LaMnO_3 , CeO_2 , and MnO_2 , Pt supported on mixed ZiO_2 and TiO_2 , Ru supported on MgO , and Ru supported on Al_2O_3 .

[0052] The lean- NO_x catalyst 15 can be positioned differently from illustrated in Figure 1. In one embodiment, the lean NO_x catalyst 15 is upstream of the fuel injector 11. In another embodiment the lean NO_x catalyst is downstream of the reformer 12, whereby the lean NO_x catalyst 15 can use reformer products as reductants. In a further embodiment, the lean NO_x catalyst 15 is well downstream of the LNT 13, whereby the lean NO_x catalyst 15 can be protected from high temperatures associated with desulfating the LNT 13.

[0053] A fuel reformer is a device that converts heavier fuels into lighter compounds without fully combusting the fuel. A fuel reformer can be a catalytic reformer or a plasma reformer. Preferably, the reformer 12 is a partial oxidation catalytic reformer. A partial oxidation catalytic reformer comprises a reformer catalyst. Examples of reformer catalysts include precious metals, such as Pt, Pd, or Ru, and oxides of Al, Mg, and Ni, the later group being typically combined with one or more of CaO , K_2O , and a rare earth metal such as Ce to increase activity. A reformer is preferably small in size as compared to an oxidation catalyst or a three-way catalyst designed to perform its primary functions at temperatures below 500°C . A partial oxidation catalytic reformer is generally operative at temperatures from

about 600 to about 1100 °C.

[0054] The NO_x absorber-catalyst 13 can comprise any suitable NO_x-adsorbing material. Examples of NO_x adsorbing materials include oxides, carbonates, and hydroxides of alkaline earth metals such as Mg, Ca, Sr, and Be or alkali metals such as K or Ce. Further examples of NO_x-adsorbing materials include molecular sieves, such as zeolites, alumina, silica, and activated carbon. Still further examples include metal phosphates, such as phosphates of titanium and zirconium. Generally, the NO_x-adsorbing material is an alkaline earth oxide. The absorbent is typically combined with a binder and either formed into a self-supporting structure or applied as a coating over an inert substrate.

[0055] The LNT 13 also comprises a catalyst for the reduction of NO_x in a reducing environment. The catalyst can be, for example, one or more precious metals, such as Au, Ag, and Cu, group VIII metals, such as Pt, Pd, Ru, Ni, and Co, Cr, Mo, or K. A typical catalyst includes Pt and Rh, although it may be desirable to reduce or eliminate the Rh to favor the production of NH₃ over N₂. Precious metal catalysts also facilitate the absorbent function of alkaline earth oxide absorbers.

[0056] Absorbents and catalysts according to the present invention are generally adapted for use in vehicle exhaust systems. Vehicle exhaust systems create restriction on weight, dimensions, and durability. For example, a NO_x absorbent bed for a vehicle exhaust systems must be reasonably resistant to degradation under the vibrations encountered during vehicle operation.

[0057] An absorbent bed or catalyst brick can have any suitable structure. Examples of suitable structures may include monoliths, packed beds, and layered screening. A packed bed is preferably formed into a cohesive mass by sintering the particles or adhering them with a binder. When the bed has an absorbent function, preferably any thick walls, large particles, or thick coatings have a macro-porous structure facilitating access to micro-pores where adsorption occurs. A macro-porous structure can be developed by forming the walls, particles, or coatings from small particles of adsorbant sintered together or held together with a binder.

[0058] The ammonia-SCR catalyst 14 is a catalyst effective to catalyze reactions between NO_x and NH₃ to reduce NO_x to N₂ in lean exhaust. Examples of SCR catalysts include oxides of metals such as Cu, Zn, V, Cr, Al, Ti, Mn, Co, Fe, Ni, Pd, Pt, Rh, Rd, Mo, W, and Ce, zeolites, such as ZSM-5 or ZSM-11, substituted with

metal ions such as cations of Cu, Co, Ag, Zn, or Pt, and activated carbon.

Preferably, the ammonia-SCR catalyst 14 is designed to tolerate temperatures required to desulfate the LNT 13.

[0059] The particulate filter 16 can have any suitable structure. Examples of suitable structures include monolithic wall flow filters, which are typically made from ceramics, especially cordierite or SiC, blocks of ceramic foams, monolith-like structures of porous sintered metals or metal-foams, and wound, knit, or braided structures of temperature resistant fibers, such as ceramic or metallic fibers. Typical pore sizes for the filter elements are about 10 μm or less. Optionally, one or more of the reformer 12, the LNT 13, the lean-NO_x catalyst 15, or the ammonia-SCR catalyst 14 is integrated as a coating or within the structure of the DPF 16.

[0060] The DPF 16 is regenerated to remove accumulated soot. The DPF 16 can be of the type that is regenerated continuously or intermittently. For intermittent regeneration, the DPF 16 is heated, using a reformer 12 for example. The DPF 16 is heated to a temperature at which accumulated soot combusts with O₂. This temperature can be lowered by providing the DPF 16 with a suitable catalyst. After the DPF 16 is heated, soot is combusted in an oxygen rich environment.

[0061] For continuous regeneration, the DPF 16 may be provided with a catalyst that promotes combustion of soot by both NO₂ and O₂. Examples of catalysts that promote the oxidation of soot by both NO₂ and O₂ include oxides of Ce, Zr, La, Y, and Nd. To completely eliminate the need for intermittent regeneration, it may be necessary to provide an additional oxidation catalyst to promote the oxidation of NO to NO₂ and thereby provide sufficient NO₂ to combust soot as quickly as it accumulates. Where regeneration is continuous, the DPF 16 is suitably placed upstream of the reformer 12. Where the DPF 16 is not continuously regenerated, it is generally positioned as illustrated downstream of the reformer 12. An advantage of the position illustrated in Figure 2 is that the DPF 16 buffers the temperature between the reformer 12 and the LNT 13.

[0062] The clean-up catalyst 17 is preferably functional to oxidize unburned hydrocarbons from the engine 9, unused reductants, and any H₂S released from the NO_x absorber-catalyst 13 and not oxidized by the ammonia-SCR catalyst 15. Any suitable oxidation catalyst can be used. A typical oxidation catalyst is a precious metal, such as platinum. To allow the clean-up catalyst 17 to function under rich

conditions, the catalyst may include an oxygen-storing component, such as ceria. Removal of H₂S, where required, may be facilitated by one or more additional components such as NiO, Fe₂O₃, MnO₂, CoO, and CrO₂.

[0063] The invention as delineated by the following claims has been shown and/or described in terms of certain concepts, components, and features. While a particular component or feature may have been disclosed herein with respect to only one of several concepts or examples or in both broad and narrow terms, the components or features in their broad or narrow conceptions may be combined with one or more other components or features in their broad or narrow conceptions wherein such a combination would be recognized as logical by one of ordinary skill in the art. Also, this one specification may describe more than one invention and the following claims do not necessarily encompass every concept, aspect, embodiment, or example described herein.

Industrial Applicability

[0064] The present invention in controlling emissions from power generation systems.

The claims are:

1. A fault detection method, comprising:
injecting fuel into an exhaust line using a fuel injection system
comprising a fuel injector (11) whereby the fuel mixes with exhaust;
passing the fuel-exhaust mixture through a device (12) that catalyzes
oxidation or partial oxidation reactions of the fuel;
detecting a temperature of the device, within the device, or
downstream of the device; and
using the detected temperature in detecting a fault in the fuel injection
system.
2. The method of claim 1, wherein using the detected temperature in
detecting a fault in the fuel injection system comprises the application of a thermal
model of a system comprising the device (12).
3. The method of claim 2, wherein the thermal model comprises a term
relating to heat of reactions of the fuel, a term relating to heat capacity of the device
(12), and a term relating to convective heat transfer by the exhaust.
4. The method of claim 1, wherein the fault detection method does not
include any direct measurement of a fuel flow rate to, through, or out of the fuel
injection system.
5. The method of claim 1, wherein the device (12) is a fuel reformer.
6. The method of claim 5, wherein a lean NO_x-trap (13) is configured
downstream of the fuel reformer (12).
7. The method of claim 1, wherein the exhaust line is an exhaust line of a
diesel engine (9).
8. A method of diagnosing a fuel injection system, comprising:

supplying fuel to a fuel reformer (12) through the fuel injection system;
measuring a temperature of the fuel reformer (12) or a reformer
exhaust stream;
analyzing data comprising the temperature measurement to determine
whether the fuel injection system has experienced a fault; and
if a fault is detected, recording the fault in a memory or signaling the
fault.

9. The method of claim 8, wherein analyzing data comprising the
temperature measurement to determine whether the fuel injection system has
experienced a fault comprises application of a thermal model of a system comprising
the fuel reformer (12).

10. The method of claim 9, wherein the thermal model comprises a term
relating to heat released by reactions of the fuel, a term relating to heat capacity of
the fuel reformer (12), and a term relating to convective heat transfer by the exhaust.

11. The method of claim 8, wherein analyzing the data comprises
comparing the temperature measurement to a model prediction.

12. The method of claim 11, wherein the model prediction is based on a
commanded fuel supply rate.

13. The method of claim 8, wherein the analysis is adapted to detect spray
quality faults.

14. A power generation system configured to implement the method of
claim 8.

15. The power generation system of claim 14, wherein the power
generation system lacks a flow meter configured to measure fuel flow rate through
the fuel injection system.

16. A method of diagnosing a fuel injection system, comprising:
supplying fuel to a fuel reformer (12) through the fuel injection system;
and
comparing an expected relationship between a commanded fuel injection rate and a temperature to an actual relationship between the commanded fuel injection rate and the temperature and thereby checking for a fuel injection fault.
17. The method of claim 16, wherein the expected relationship is a model-based relationship.
18. The method of claim 17, wherein the model comprises a term relating to heat released or taken up by reactions of the fuel, a term relating to heat capacity of the fuel reformer (12), and a term relating to convective heat transfer by the exhaust.
19. A fuel reforming system, comprising:
a fuel reformer (12);
a fuel injection system configured to supply fuel to the fuel reformer;
a temperature measuring device (20) configured to take measurements indicative of the reformer temperature; and
an electronic controller (10);
wherein the controller (10) is configured to diagnose a condition of the fuel injection system using a thermal model of a system comprising the fuel reformer (12).
20. The system of claim 19, further comprising a lean NOx trap (13) downstream of the fuel reformer (12).
21. The system of claim 19, wherein the system lacks a meter for the fuel flow rate through the fuel injection system.

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

The invention relates to systems and methods of detecting faults in an exhaust line fuel injection system. An expected relationship between a temperature within the exhaust system and a commanded fuel injection rate or amount is compared to an actual relationship in order to detect faults. The temperature is preferably a temperature of, within, or downstream of an exhaust system device (12) that catalyzes an oxidation or partial oxidation reaction of the fuel, such as an oxidation catalyst or a fuel reformer. The expected relationship may be defined in terms of a thermal model of a system comprising the catalytic device (12). The invention can be used to detect spray quality faults or to detect fuel injector faults without the use of flow meter.

Sheet 1/1

