

(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2013-246169

(P2013-246169A)

(43) 公開日 平成25年12月9日 (2013. 12. 9)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO 1 N 1/22 (2006.01)	GO 1 N 1/22 G	2 GO 5 2
	GO 1 N 1/22 M	

審査請求 未請求 請求項の数 28 O L 外国語出願 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2013-108467 (P2013-108467)	(71) 出願人	513129955
(22) 出願日	平成25年5月23日 (2013. 5. 23)		エービーエル ノース アメリカ インコ
(31) 優先権主張番号	13/478, 170		ーポレイテッド
(32) 優先日	平成24年5月23日 (2012. 5. 23)		アメリカ合衆国, 4 8 1 7 0 - 2 4 3 8
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ミシガン州, プリマス, ハウヤード ドラ
			イブ 4 7 6 0 3
		(74) 代理人	100095614
			弁理士 越川 隆夫
		(72) 発明者	ウィリアム マーチン シルビス
			アメリカ合衆国, 4 8 1 0 5 ミシガン州
			, アナーバー, ウォーターシェッド 8 4
			O

最終頁に続く

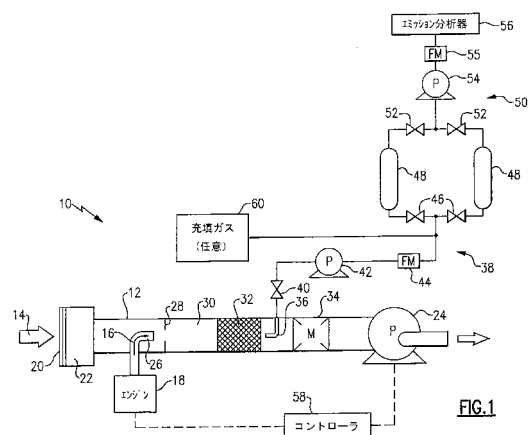
(54) 【発明の名称】 水蒸気管理のための排気ガスサンプリングシステムおよびサンプリング方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】複数の排気ガスサンプリングシステムのゾーンを備えた排気ガスサンプリングシステムおよび試験手順中に凝縮が生じるか否かを予測する方法を提供する。

【解決手段】複数の排気ガスサンプリングシステムのゾーンを備えた排気ガスサンプリングシステムのゾーンとして、少なくともサンプリング導管、充填回路および読取り回路がある。コントローラは、ゾーンの1つの凝縮を防止すべく最小希釈比を予測するようにプログラムされている。コントローラはまた、排気ガスのサンプルが、予測された最小希釈比に等しいか、これより大きい、選択された最小希釈比でメイクアップガスにより希釈される試験手順を実行するようにプログラムされている。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

排気ガスサンプリングシステムの複数のゾーンを有し、該ゾーンは、サンプリング導管と、充填回路と、読取り回路とを備え、

ゾーンの 1 つに凝縮が生じることを防止すべく、最小希釈比を予測するようにプログラムされたコントローラを更に有し、該コントローラは、予測された最小希釈比に等しいか、これより大きい、選択された最小希釈比で、排気ガスのサンプルをメイクアップガスで希釈するように試験手順を実行すべくプログラムされていることを特徴とする排気ガスサンプリングシステム。

【請求項 2】

10

前記排気ガスサンプリングシステムのゾーンが、少なくとも 1 つのサンプリングバッグを有し、コントローラは、少なくとも 1 つのサンプリングバッグ内の凝縮および少なくとも 1 つの他の排気ガスサンプリングシステムのゾーン内の凝縮を防止すべく最小希釈比を予測するようにプログラムされていることを特徴とする請求項 1 記載の排気ガスサンプリングシステム。

【請求項 3】

前記選択された最小希釈比は、予測された最小希釈比の最大値に等しいことを特徴とする請求項 2 記載の排気ガスサンプリングシステム。

【請求項 4】

前記選択された最小希釈比は、予測された最小希釈比の最大値に等しいか、これより大きいことを特徴とする請求項 2 記載の排気ガスサンプリングシステム。

20

【請求項 5】

前記コントローラは、排気ガスサンプリングシステムの各ゾーン内の凝縮を防止すべく、最小希釈比を予測するようにプログラムされていることを特徴とする請求項 4 記載の排気ガスサンプリングシステム。

【請求項 6】

前記選択された最小希釈比は、1 : 1 と 10 : 1 との間の範囲内にあることを特徴とする請求項 5 記載の排気ガスサンプリングシステム。

【請求項 7】

前記コントローラに連結されたポンプを更に有し、コントローラは、ポンプが、選択された最小希釈比に従って一定量のメイクアップガスをサンプリング導管内に吸引する命令を出すようにプログラムされていることを特徴とする請求項 1 記載の排気ガスサンプリングシステム。

30

【請求項 8】

充填回路、読取り回路、サンプリング導管および少なくとも 1 つのサンプルバッグの各々内の凝縮を防止すべく、コントローラにより最小希釈比を予測する段階と、

試験手順中に、排気ガスを、予測された最小希釈比の最大値に等しいか、これより大きい比でメイクアップガスにより希釈する段階とを有することを特徴とする排気ガスサンプルを希釈する方法。

【請求項 9】

40

充填回路内の凝縮を防止する最小希釈比 $DR_{fill-min}$ は次式により予測され、
【数 3】

$$DR_{fill-min} \geq \frac{W_{ex-max}}{W_{fill-sat} - W_m}$$

ここで、 W_{ex-max} は、試験手順中の排気ガス中の最大期待水濃度、 $W_{fill-sat}$ は、試験手順中に充填回路と関連させるべき期待飽和水濃度、および W_m は、試験手順中のメイクアップガス中の期待水濃度であることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】

読取り回路内の凝縮を防止するための最小希釈比 $DR_{read-min}$ は次式により予測され、

50

【数 5】

$$DR_{read-min} \geq \frac{W_{ex-ave} - W_m}{W_{read-sat} - W_m}$$

ここで、 W_{ex-ave} は、試験手順中の排気ガス中の平均期待水濃度、および $W_{read-sat}$ は、試験手順中に読取り回路と関連させるべき期待飽和水濃度、および W_m は、試験手順中のメイクアップガス中の期待水濃度であることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 11】

バッグ回路内の予測最小希釈比 $DR_{bag-min}$ は次式に従って予測され、

【数 6】

$$DR_{bag-min} \geq \frac{W_{ex-ave} - W_m}{W_{bag-sat} - W_m}$$

10

ここで、 W_{ex-ave} は、試験手順中の排気ガス中の平均期待水濃度、 $W_{bag-sat}$ は試験手順中に少なくとも 1 つのサンプルバッグと関連させるべき期待飽和水濃度、および W_m は、試験手順中のメイクアップガス中の期待水濃度であることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 12】

少なくとも 1 つのサンプルバッグ内の凝縮を防止するための最小希釈比 $DR_{samp-cond-min}$ は、次式に従って予測され、

20

【数 7】

$$DR_{samp-cond-min} \geq \frac{W_{ex-max} - W_m}{W_{samp-cond-sat} - W_m}$$

ここで、 W_{ex-max} は、試験手順中の排気ガス中の最大期待水濃度、 $W_{samp-cond-sat}$ は、試験手順中にサンプリング導管と関連させるべき期待飽和水濃度、および W_m は、試験手順中のメイクアップガス中の期待水濃度であることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 13】

前記排気ガスは、次式で示す最小希釈比 $DR_{CVS-MIN}$ 、すなわち、

【数 8】

$$DR_{CVS-MIN} \geq \max(DR_{fill-min}, DR_{read-min}, DR_{bag-min}, DR_{samp-cond-min})$$

30

でメイクアップガスにより希釈されることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 14】

前記 $DR_{CVS-MIN}$ は、1 : 1 と 10 : 1 との間の範囲内にあることを特徴とする請求項 13 記載の方法。

【請求項 15】

前記排気ガスは、サンプリング導管内でメイクアップガスにより希釈されることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 16】

40

前記排気ガスは、サンプリング導管の下流側の位置で、小型希釈器によりメイクアップガスで希釈されることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 17】

前記サンプリング導管内の凝縮を防止するための最小希釈比を、コントローラにより予測する段階を更に有することを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 18】

前記排気ガスは、サンプリング導管、バッグ回路、読取り回路および少なくとも 1 つのサンプルバッグ内の凝縮を防止すべく予測された最小希釈比の最大値で、メイクアップガスにより希釈されることを特徴とする請求項 17 記載の方法。

【請求項 19】

50

排気ガスサンプリングシステムを用意する段階と、
モデルを用意する段階と、

排気ガスサンプリングシステム内の凝縮の可能性を識別すべく、試験手順中の少なくとも1つのパラメータのモデルに対する性能をコントローラによりモニタする段階とを有することを特徴とする、凝縮が試験手順中に生じるか否かを予測する方法。

【請求項20】

前記少なくとも1つのパラメータは、排気ガスサンプリングシステムのパラメータおよびエンジンパラメータの1つであることを特徴とする請求項19記載の方法。

【請求項21】

前記排気ガスは、モデルに基づいて選択された比で希釈されることを特徴とする請求項19記載の方法。

【請求項22】

前記モデルは少なくとも1つのパラメータに基づいていることを特徴とする請求項19記載の方法。

【請求項23】

前記少なくとも1つのパラメータは、メイクアップガスの特性を含むことを特徴とする請求項22記載の方法。

【請求項24】

前記少なくとも1つのパラメータは、エンジンにより燃焼される燃料の炭化水素濃度を含むことを特徴とする請求項22記載の方法。

【請求項25】

前記少なくとも1つのパラメータは、エンジンの吸気中の水分濃度を含むことを特徴とする請求項22記載の方法。

【請求項26】

前記少なくとも1つのパラメータは、エンジンの燃焼効率を含むことを特徴とする請求項22記載の方法。

【請求項27】

少なくとも1つのサンプルバッグを備えた排気ガスサンプリングシステムを用意する段階と、

エンジンからの排気ガスをメイクアップガスで希釈する段階と、

少なくとも1つのバッグに、希釈された排気ガスのサンプルを充填する段階と、

試験手順中に、少なくとも1つのサンプルバッグ内の水濃度の積分値に基づいて、少なくとも1つのサンプルバッグ内に凝縮が生じるか否かを決定する段階とを有することを特徴とする、試験手順中に凝縮が生じるか否かを予測する方法。

【請求項28】

前記少なくとも1つのサンプルバッグ内の水濃度の積分値は、試験手順中にコントローラにより連続的に計算されることを特徴とする請求項27記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

例えば定体積サンプラ（constant volume samplers：CVS）のような一般的な排気ガスサンプリングシステムでは、エンジンの排気ガスはメイクアップガスまたは希釈剤で希釈され、希釈された排気ガスのサンプルは比例的に抽出されかつ1つ以上のサンプルバッグ内に貯蔵される。エンジンサイズ、駆動サイクルおよび大気条件に基づいて、希釈排気ガスサンプルがバッグ内に貯蔵されたときに水に凝縮されないように、メイクアップガスおよびエンジン排気ガスの両方を含むCVS全流量が選択される。

【背景技術】

【0002】

適当なCVS全流量を決定することに加え、或るシステムは、バッグの凝縮を防止する

10

20

30

40

50

ため、サンプルバッグに予充填ガスのようなガスを充填する。他の或るシステムは、サンプルガスを加熱して、サンプルの温度を露点より高く維持する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許第7, 559, 262号明細書

【特許文献2】米国特許出願第2010/0000339号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

10

本願では、複数の排気ガスサンプリングシステムのゾーンを備えた排気ガスサンプリングシステムを開示する。ゾーンは、少なくとも、サンプリング導管、充填回路および読取り回路である。排気ガスサンプリングシステムのゾーンの1つの中での凝縮を防止するため、コントローラが、最小希釈比を予測するようにプログラムされている。コントローラはまた、排気ガスのサンプルが、予測した最小希釈比に等しいかこれより大きい選択最小希釈比でメイクアップガスにより希釈される試験手順を実行するようにプログラムされている。本願はまた、試験手順中に凝縮が生じるか否かを予測する方法を開示する。

【0005】

本発明の上記および他の特徴は、以下の図面および詳細な説明から最も良く理解されよう。

20

【図面の簡単な説明】

【0006】

添付図面を以下に簡単に説明する。

【0007】

【図1】例示の排気ガスサンプリングシステムを示す概略図である。

【図2】他の例示排気ガスサンプリングシステムを示す概略図である。

【図3】試験手順のための最小希釈比を選択する例示段階を示すフローチャートである。

【図4】試験手順が妥当なものであるか否かを決定する例示段階を示すフローチャートである。

【図5】図4のフローチャートで考慮されるエンジン性能の一例を示すグラフである。

30

【図6】試験手順が妥当なものであるか否かを決定する例示段階を示す他のフローチャートである。

【図7】図6のフローチャートで考慮される移動平均の一例を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0008】

図1の概略図には、例示の排気ガスサンプリングシステム10が示されている。より詳しくは、図示のシステム10はCVSである。上記特許文献1には、CVSの一例が示されており、該特許文献1の全体を本願に援用する。しかしながら、本発明は他の形式の排気ガスサンプリングシステムにも適用され、図示のシステム10の細部に限定されるものではない。

40

【0009】

例示のシステム10は、エンジン18からメイクアップ空気14および排気ガス16を受入れるように構成されたサンプリング導管12を有している。メイクアップ空気14は、サンプリング導管12の一端に形成された入口20を通してサンプリング導管12内に導入される。この例では、入口20にはフィルタ22が設けられている。入口20と反対側には、所望量のメイクアップ空気をサンプリング導管12内に吸引するためのポンプ24が配置されている。排気ガス16は、テールパイプ26を通してサンプリング導管12内に導入される。

【0010】

本願で使用するとき、用語「排気ガス(exhaust)」とは、エンジンから排出される種

50

々の流体（ガスおよび蒸気を含む）並びに該流体中に懸濁される粒状物質（particulate matter：PM）をいう。PMは、一般に、エンジンから排出され、素成分（すなわち煤）の形態をなす炭素質物質、揮発性および半揮発性炭化水素化合物（可溶性有機留分（soluble Organic fraction：SOF））の形態をなす炭素質物質、および他の有機および無機化合物（例えばスルフェート）を含む。前記メイクアップ空気は、含水量が判明しているか容易に決定できる任意の種類の希釈剤例えば大気を使用できる。

【0011】

図示のように、サンプリング導管12は更に、ミキサ28、トンネル30、熱交換器32および測定装置（M）34を有している。これらのコンポーネントは上記特許文献1に詳細に説明されている。この例では、サンプリング導管12はこれらのコンポーネント28、30、32、34を有しているが、本発明はこれらのコンポーネントを有していない他の形式のサンプリング導管にも及ぶものである。

10

【0012】

入口20およびテールパイプ26の下流側には、メイクアップガス14と排気ガス16との混合物のサンプルを抽出するためのサンプラ36が配置されている。メイクアップガス14と排気ガス16との混合物を、本願では、希釈された排気ガスと呼ぶことにする。また、サンプラ36によりサンプリングされたサンプルを、希釈された排気ガスサンプルと呼ぶことにする。

【0013】

サンプラ36の下流側では、希釈された排気ガスサンプルが、充填回路38を通して導かれる。この例では、充填回路は、弁40、ポンプ42および流量計（flow meter：FM）44を有している。充填回路38は更に、それぞれのサンプルバッグ48に連結されておりかつ独立して調節可能な弁46を有している。充填回路38は、弁40、ポンプ42および流量計44を有しているものが示されているが、所望に応じて任意のコンポーネントの組合せにすることもできる。本願で使用する時、用語「充填回路38」とは、サンプリング導管12の下流側でありかつサンプルバッグ48の上流側のサンプリングシステム10の部分という。用語「充填回路」は、或る例ではサンプラ36を含めることができる。

20

【0014】

図示のように、充填回路38は、希釈された排気ガスサンプルを2つのサンプルバッグ48に導くが、本発明は、単一のサンプルバッグを含む任意数のサンプルバッグを含むものにも及ぶものである。サンプルバッグ48の数に応じて弁46の数を調整できる。

30

【0015】

バッグ48の下流側には読取り回路50が設けられている。読取り回路50は、独立して調節可能な弁52と、ポンプ54と、流量計55と、エミッション分析器56とを有し、該エミッション分析器56はベンチ型分析ユニットで構成できる。充填回路38のように、読取り回路50は所望の部品のどのような組み合わせでも含むことができる。本願で使用する時、用語「読取り回路50」とは、サンプリングシステム10のバッグ48の下流側の部分という。

【0016】

コントローラ58は既知の任意の形式のコンピュータで構成でき、コントローラ58が実行できる命令を記憶できるコンピュータ読取り可能な媒体を有している。また、コントローラ58は、ここに開示されたシステムのコンポーネントの各々と接続されている。例えば、コントローラ58は、エンジン18を制御しかつモニタすべく作動できかつ種々のポンプ24、42、54および弁40、46、52を独立して作動させることができる。

40

【0017】

システム10の変更例も本発明の範囲内に包含される。例えば一変更例では、システム10は、分析器56での正確な測定を確保すべく、サンプルバッグ48に希釈された排気ガスサンプルを充填する前に、源60から予充填ガスのようなガスをサンプルバッグ48に充填する。このようなシステムは前記特許文献1に開示されている。本発明は、予充填

50

の特徴を備えていないシステムにも及ぶ。本発明はまた、後充填の特徴のみを備えたシステム、または予充填の特徴と組合せて後充填の特徴をも備えたシステムにも及ぶものである。

【0018】

他の例では、図2に示すように、システム10が小型希釈器62を有している。図1と図2との間では、同じ要素を示すのに同じ参照番号が使用されている。図2では、エンジン18からの排気ガス16がサンプリング導管12内に導かれて、サンプラ36によりサンプリングされる。排気ガスサンプルは、ミキサ64で、小型希釈器62からのメイクアップガスで希釈される。小型希釈器を備えた例示システムが上記特許文献2に開示されており、該特許文献2の全体を本願に援用する。

10

【0019】

再び図1に戻って説明すると、例示のエミッション試験手順は、エンジン18からの排気ガス16をサンプリング導管12内に導き、以下に説明する手順に先立って選択される最小希釈比 $DR_{CVS-MIN}$ で、メイクアップ空気14により排気ガス16を希釈することにより行われる。排気ガス16を選択された最小希釈比で希釈するため、コントローラ58は、適当量のメイクアップ空気14をサンプリング導管12内に供給すべくポンプ24に命令するようにプログラムされている。図2の例では、希釈は、コントローラ58から小型希釈器62への命令によりミキサ64で行われる。

【0020】

希釈された排気ガスサンプルは、サンプリング導管12から充填回路38を通してサンプルバッグ48に導かれる。希釈された排気ガスサンプルは、試験手順中にサンプルバッグ48内に収集される。試験手順に続いて、希釈された排気ガスサンプルは、下流側のサンプルバッグ48から読取り回路50に導かれて、最終的に分析器56に導かれる。

20

【0021】

上記例示手順のような手順中、希釈された排気ガスサンプルに凝縮が形成されると、試験結果が不正確になるだけでなく、或る法規則 (legislation) は、サンプルバッグ内に凝縮が生じることを防止する。新たな法規則はより一層制限的であり、サンプルバッグ48以外にも凝縮が生じることを防止する。換言すれば、試験手順中に、サンプリングシステム10のいずれかの箇所に凝縮が生じることがあれば、新しい法規則は、当該試験手順を有効に妥協させ、新しい試験手順を必要とするであろう。

30

【0022】

したがって、本発明は、排気ガス16について最小希釈比 $DR_{CVS-MIN}$ を選択するとき、サンプルバッグ48だけでなく、これに代えまたはこれに加えて、充填回路38、読取り回路50およびサンプリング導管12の少なくとも1つを考慮に入れる。

【0023】

一般に、希釈比 DR_{CVS} は、次式に従って定められる。

【数1】

$$DR_{CVS} = \frac{Q_m + Q_{ex}}{Q_{ex}}$$

ここで、 Q_m はメイクアップガス14の流量、および Q_{ex} は排気ガス16の流量である。ひとたび $DR_{CVS-MIN}$ が選択されると（例えば、 DR_{CVS} が $DR_{CVS-MIN}$ に設定されると）、サンプリング導管内の流量 Q_{CVS} は次式に従って与えられる。

40

【数2】

$$Q_{CVS} = DR_{CVS-MIN} \cdot Q_{ex-ave}$$

ここで、 Q_{ex-ave} は、試験手順中の排気ガス16の平均期待流量である。或いは、 Q_{ex-ave} は、手順中の排気ガス16の流量の移動平均とすることもできる。 $DR_{CVS-MIN}$ が与えられると、コントローラ58は適正 Q_{CVS} を得るべく作動できる。

【0024】

概略的に上述したように、凝縮の問題は、排気ガス16をメイクアップガス14で過度

50

に希釈することにより回避できる。しかしながら、これにより、希釈された排気ガスサンプル中のメイクアップガス14の含有量が大きいために、分析が極めて困難な排気ガスサンプルになってしまう。したがって、本発明の一例では、最小希釈比 $DR_{CVS-MIN}$ は、排気ガスサンプリングシステム10の種々のコンポーネント内の凝縮を防止するのに十分な高い比であると同時に、できる限り低い比となるように選択される。この最適な最小希釈比 $DR_{CVS-MIN}$ を見出すため、充填回路38、バッグ48、読取り回路50およびサンプリング導管12内の凝縮を防止する希釈比は別々に決定され、排気ガス16の最小希釈比は、予測希釈比の最大値に等しいか、これより大きく設定される。

【0025】

より詳しくは、図3に示すように、充填回路38内の凝縮を防止する最小希釈比 $DR_{fill-min}$ が参照番号68で示す段階で予測され、次式のように定められる。

【数3】

$$DR_{fill-min} \geq \frac{W_{ex-max}}{W_{fill-sat} - W_m}$$

ここで、 W_{ex-max} は、試験手順中の排気ガス中の最大期待水濃度、 $W_{fill-sat}$ は、試験手順中に充填回路38と関連させるべき期待飽和水濃度、および W_m は、試験手順中のメイクアップガス中の期待水濃度である。一例では、 $W_{fill-sat}$ は、次式から決定される。

【数4】

$$W_{fill-sat} = \frac{P_{H2O-vap}(T_{fill})}{P_{fill}}$$

ここで、 $P_{H2O-vap}$ は、既知の方法（例えばルックアップテーブル）を用いて識別される飽和蒸気圧である。他の例では、 $P_{H2O-vap}$ は、ガイドとしての或る連邦法規を用いて識別される。この例では、入力温度 T_{fill} は、所与の試験手順中の充填回路38内の希釈排気ガスサンプルの期待平均温度である。 P_{fill} は、試験手順中の充填回路38内の希釈された排気ガスサンプルの期待平均圧力である。 T_{fill} および P_{fill} は、従来の同様な試験中に存在する T_{fill} および P_{fill} のように、大気条件を考察することにより決定される。一例では、 T_{fill} は、試験中に期待される最小希釈比でメイクアップガス14と排気ガス16との混合物の露点より高くなり、したがって組込み安全係数 (built-in safety factor) となるように選択される。

【0026】

$DR_{fill-min}$ の式中の残りの変数、 W_{ex-max} および W_m は、エンジンおよび付属システムからの入力に基づいて予測される。例えば、エンジンにより燃焼される燃料の組成並びにエンジン吸気の特徴および組成は、排気ガス中の水濃度 W_{ex-max} に影響を与える。メイクアップガス14が大気である例では、メイクアップガス14の水濃度は、システム10の周囲の温度および圧力等のパラメータに基づいて決定される。システム10には種々の圧力センサおよび温度センサを配置でき、これらのセンサはコントローラ58に接続できる。

【0027】

参照番号70で示す段階では、読取り回路50内の凝縮を防止するための最小希釈比 $DR_{read-min}$ が予測される。 $DR_{fill-min}$ と同様に、 $DR_{read-min}$ は次式に従って予測される。

【数5】

$$DR_{read-min} \geq \frac{W_{ex-ave} - W_m}{W_{read-sat} - W_m}$$

ここで、 W_m は上記のように定められ、 W_{ex-ave} は試験手順中の排気ガス中の平均期待水濃度、および $W_{read-sat}$ は試験手順中に読取り回路50と関連させるべき期待飽和水濃度である。 $W_{read-sat}$ は、 T_{read} および P_{read} 、および所与の試験手順中の読取り回路50内の希釈された排気ガスサンプルの期待平均温度およ

10

20

30

40

50

び圧力に基づいて、上記 $W_{fill-sat}$ と同様な態様で決定される。より詳しくは、この例では、 T_{read} は、希釈された排気ガスサンプル中の水分の露点より高く設定され、 P_{read} は、分析器 56 へのポンピング時（例えばポンプ 54）に、希釈された排気ガスサンプルが上昇される圧力より高い。

【0028】

同様に、参照番号 72 で示す段階では、バッグの予測最小希釈比 $DR_{bag-min}$ が次式に従って予測される。

【数 6】

$$DR_{bag-min} \geq \frac{W_{ex-ave} - W_m}{W_{bag-sat} - W_m} \quad 10$$

ここで、 $W_{bag-sat}$ は試験手順中に少なくとも 1 つのサンプルバッグ 48 と関連させるべき期待飽和水濃度である。 $W_{bag-sat}$ は、 P_{read} および試験手順中のバッグ 48 内の希釈された排気ガスサンプルの期待平均温度および圧力に基づいて、上記 $W_{read-sat}$ および $W_{fill-sat}$ と同様な態様で決定される。或る例では、 T_{bag} は、希釈された排気ガスサンプルの露点より高く設定する必要がある。 $DR_{bag-min}$ を計算するとき、或る例では、ピーク排気ガスを保護するため、 W_{ex-ave} を、排気ガス中の水濃度について最大積分値に置換する。すなわち、実際の W_{ex-ave} を使用できるけれども、或る例では W_{ex-ave} を、平均値プラス試験依存マージンに置換する。

20

【0029】

更に、参照番号 73 で示す段階では、サンプリング導管 12 についての予測最小希釈比 $DR_{samp-cond-min}$ が次式に従って予測される。

【数 7】

$$DR_{samp-cond-min} \geq \frac{W_{ex-max} - W_m}{W_{samp-cond-sat} - W_m}$$

ここで、 W_{ex-max} および W_m は上記のように定められ、 $W_{samp-cond-sat}$ は試験手順中にサンプリング導管 12 と関連させるべき期待飽和水濃度である。 $W_{samp-cond-sat}$ は、上記 $W_{fill-sat}$ と同様な態様で決定され、かつ所与の試験手順中のサンプリング導管 12 内の希釈された排気ガスサンプルの $T_{samp-cond}$ および $P_{samp-cond}$ 、期待平均温度および圧力に基づいている。より詳しくは、この例では、 $T_{samp-cond}$ は、希釈された排気ガスサンプル中の水分の露点より高く設定され、 $P_{samp-cond}$ は、大気圧に等しくすべきであると考え

30

【0030】

一例では、試験中、或る安全係数を与えるため、バッグの実際の温度 T_{bag} は、計算に使用される温度 T_{bag} より約 4～5℃だけ高い。 P_{bag} は、安全係数を得るため、計算条件と実際の試験条件との間で変化する。同様に、 $DR_{fill-min}$ および $DR_{read-min}$ には、組込み安全係数を設けることができる。

【0031】

ひとたびこれらの最小希釈比が段階 68、70 および 72 で予測されると、コントローラ 58 は、予測された最小希釈比 $DR_{fill-min}$ 、 $DR_{bag-min}$ 、 $DR_{read-min}$ および $DR_{samp-cond-min}$ の最大値に等しいか、これより大きい排気ガス最小希釈比 $DR_{CVS-MIN}$ を選択する。段階 74 では、 $DR_{CVS-MIN}$ が次のように選択される。

40

【数 8】

$$DR_{CVS-MIN} \geq \max(DR_{fill-min}, DR_{read-min}, DR_{bag-min}, DR_{samp-cond-min})$$

【0032】

一例の試験手順では、排気ガス 16 は、 $DR_{CVS-MIN}$ に等しい比で、メイクアップ

50

プガス 14 で希釈される。或る例では、付加された安全係数について予測された比の最大値より大きい比で、排気ガスを希釈することができる。しかしながら、前述のように、小さい希釈比を用いて、より正確な試験結果を得ることができる。一例では、 $DR_{CVS-MIN}$ は、メイクアップガス 14 が、1 : 1 と 10 : 1 との範囲内の比で排気ガス 16 と混合されるように選択される。

【0033】

比 $DR_{fill-min}$ 、 $DR_{bag-min}$ 、 $DR_{read-min}$ 、 $DR_{samp-cond-min}$ および $DR_{CVS-MIN}$ は絶対最小値であり、したがって、最小希釈比が試験手順中のいかなる時点でも $DR_{CVS-MIN}$ より小さい値になることはない。他の例では、試験中に全体の平均希釈比が $DR_{CVS-MIN}$ より低下することはない。更に別の例では、これらの比は移動平均であり、希釈の移動平均が $DR_{CVS-MIN}$ より低下することはない。

10

【0034】

他の例では、コントローラ 58 は、少なくとも 1 つの試験パラメータに基づいて決定された比 $DR_{CVS-MIN}$ で排気ガス 16 を希釈する。これらのパラメータとして、図 4 に示すように、システム 10 のエンジンまたは車両性能モデル 78 とパラメータ 80 を含めることができる。この例では、エンジン性能モデル 78 は、試験手順に含まれる特定形式のエンジンと関連する既知のモデルである。少なくとも 1 つのパラメータとして更に、試験サイクル中に期待されるピーク排気ガスに関する抵抗荷重の設定のように、ダイナモメータからの係数を含めることができる。

20

【0035】

いかにして $DR_{CVS-MIN}$ が選択されるかにかかわらず、試験手順中のエンジンまたは車両からの平均排気ガス流量および最大排気ガス流量 Q_{ex-ave} 、 Q_{ex-max} を所与の値により評価できる。すなわち、例えば試験手順の全体を通して、評価されたエンジン出力に基づいて予測できる。次に、試験手順の全体に亘って使用された最小 $Q_{CVS-min}$ を次式から求めることができる。

【数 9】

$$Q_{CVS-min} \geq \max(Q_{ex-max} \cdot DR_{fill-min}, Q_{ex-ave} \cdot DR_{read-min}, Q_{ex-max} \cdot DR_{bag-min}, Q_{ex-max} \cdot DR_{samp-cond-min})$$

30

【0036】

一例では、少なくとも 1 つの試験パラメータとして、抵抗荷重（例えば $dyno$ 係数）、エンジン回転数、燃料種類、燃料組成、エンジンまたは車両の吸気特性および組成、および燃焼効率等のパラメータがある。或る排気ガスサンプリングシステムのパラメータはまた、概略的に前述したように、最小希釈比を決定するのに適切であり、エンジンの性能モデル 78 に影響を与える。これらのパラメータ 80 として、 T_{fill} および P_{fill} 、 T_{read} および P_{read} 、 T_{bag} および P_{bag} 、 $T_{samp-cond}$ および $P_{samp-cond}$ およびメイクアップガス 14 の組成特性（例えば、 N_2 、 O_2 等に帰す部分）がある。これらのパラメータについては、既知のエンジン性能モデルを決定でき、コントローラは、必要な最小希釈比 $DR_{CVS-MIN}$ に対する流量 Q_{CVS} を選択できる。

40

【0037】

或いは、図 4 の試験に対して選択された最小希釈比は、図 3 の方法に基づいて決定できる。 DR_{CVS} をいかに選択するかにかかわらず、エミッション試験手順は、図 4 の参照番号 76 で示すように開始される。前述のように、試験手順は、段階 74 で選択した最小比で、または少なくとも 1 つの試験パラメータに基づいて決定された最小比で排気ガスを希釈できる。いずれの場合でも、ひとたび $DR_{CVS-MIN}$ が選択されたならば、コントローラ最適流量 Q_{CVS} を示唆できる。

【0038】

参照番号 82 での試験中、コントローラ 58 はモデルに対する試験パラメータの実際の

50

性能をモニタし、参照番号 84 で 2 つの間の差が排気ガスサンプリングシステム 10 での凝縮の可能性を表示するか否かを決定する。そのような表示が存在する場合には、試験は、凝縮の可能性があると妥協され、参照番号 86 での段階で終了する。

【0039】

図 5 は、試験手順での妥協の可能性を表示するグラフである。図示の例では、エンジン 18 またはシステム 10 のパラメータは、実際のパラメータの値とモデルにより予測された値との間の陰影領域により示すように、モデルにより予測された値を一定時間越えている。

【0040】

一例では、試験手順中に、コントローラ 58 が、最小希釈比でのエンジン回転数に関するモデルに対するエンジン 18 の回転数をモニタする。図 5 の陰影領域で示すように、エンジン回転数がモデルに関連する値を超えて、最小希釈比 $DR_{CVS-MIN}$ が凝縮を防止するには不十分である場合には、コントローラ 58 は試験を終了する。他の例では、メイクアップガス 14 として大気を使用される場合に、コントローラ 58 は大気の相対湿度をモニタする。相対湿度に予期しないピークがあると、妥当性ある試験を表示する。

【0041】

本発明の他の特徴が、図 6 のフローチャートに示されている。参照番号 88 の段階で開始する試験手順中、サンプルバッグ内の飽和水濃度 $W_{bag-sat-int}$ の積分値が、段階 90 で計算される。すなわち、試験手順中、 $W_{bag-sat}$ が時間の関数としてモニタされ、時間ゼロから時間「t」までの $W_{bag-sat}$ の積分値を用いて、時間「t」でバッグ内に凝縮があるか否かを判断する。積分値は、設定された時間間隔（例えば、 $t = 1$ 秒、2 秒、3 秒・・・）で計算される。この積分値 $W_{bag-sat-int}$ から、コントローラ 58 は、参照番号 92 で示す段階で、例えば $W_{bag-sat-int}$ とモデルとを比較することにより、サンプルバッグ 48 内に凝縮の可能性があるか否かを決定する。試験での可能な妥協性が認識される場合には、試験は参照番号 94 で示す段階で終了する。

【0042】

図 7 は、試験手順中に妥協の可能性が生じる例を示すものである。この例では、陰影領域で示すように、 $W_{bag-sat-int}$ が、試験手順中に期待された平均 $W_{bag-sat}$ を超えている。したがって、バッグは過飽和状態にあり、凝縮が存在している。

【0043】

本発明は、排気ガスシステムのサンプルバッグ以外にも凝縮が生じることを防止するのに使用できる。理解されようが、サンプルバッグ 48 以外にも凝縮が生じることを防止するのは、より正確な試験を行うことおよび新しい法規則に適合することを含む幾つかの理由がある。

【0044】

本発明は、凝縮が生じていたことを試験の完了後に決定するのではなく、試験中に凝縮をモニタすることにより、妥協した試験手順を中断するのに使用できる。妥協した試験の中断は、試験手順をやり直すことに比べて時間およびコストの節約をもたらす。

【0045】

種々の例は図示の特定コンポーネントを有しているが、本発明の実施形態はこれらのコンポーネントの特定組合せに限定されるものではない。他の例からの特徴またはコンポーネントと組合せた 1 つの例からのコンポーネントまたは特徴の幾つかを使用することができる。

【0046】

当業者ならば、上記実施形態は例示であって非制限的であることを理解されよう。すなわち、本発明の変形態は特許請求の範囲に包含されるものである。したがって、特許請求の範囲の記載は、本発明の真の範囲および内容を決定するのに研究すべきである。

【符号の説明】

【0047】

10

20

30

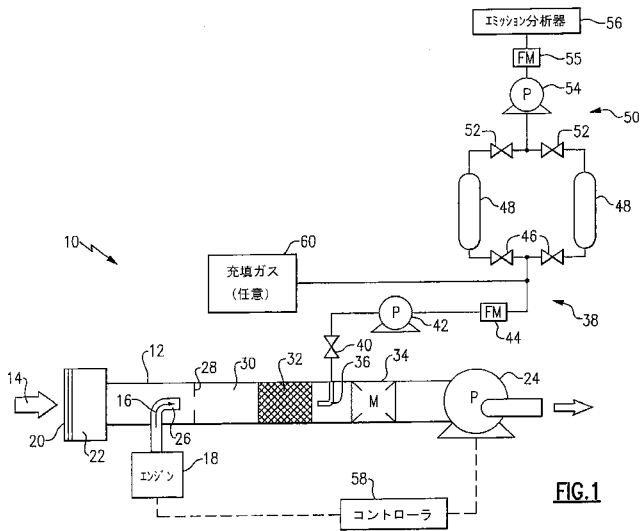
40

50

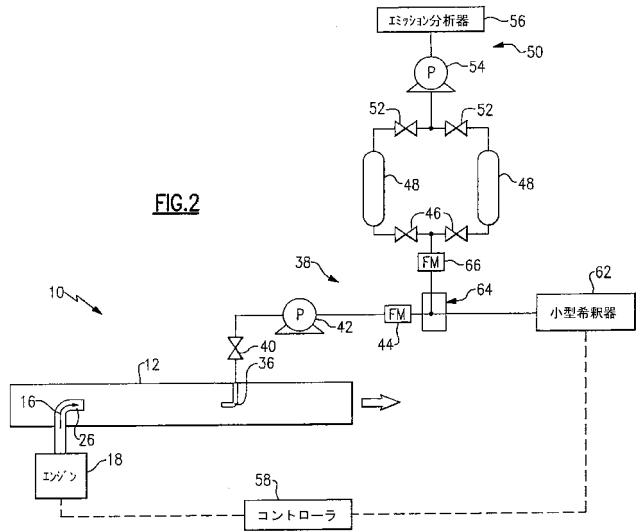
- 10 排気ガスサンプリングシステム
- 14 メイクアップガス（メイクアップ空気）
- 16 排気ガス
- 18 エンジン
- 38 充填回路
- 48 サンプルバッグ
- 50 読取り回路
- 56 エミッション分析器
- 58 コントローラ
- 60 充填ガス源

10

【図 1】



【図 2】



【図 3】

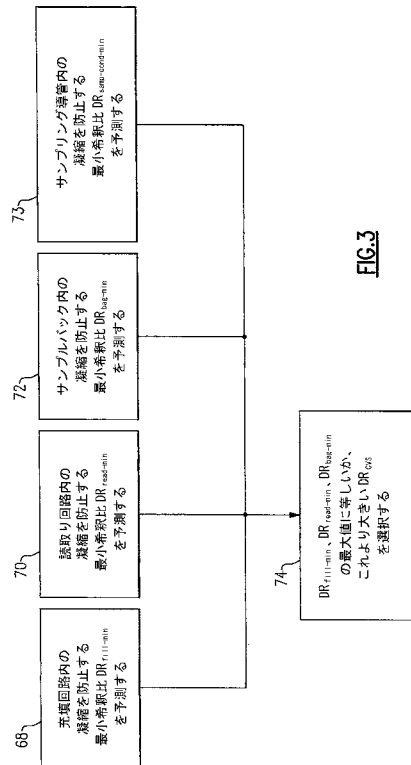


FIG.3

【図 4】

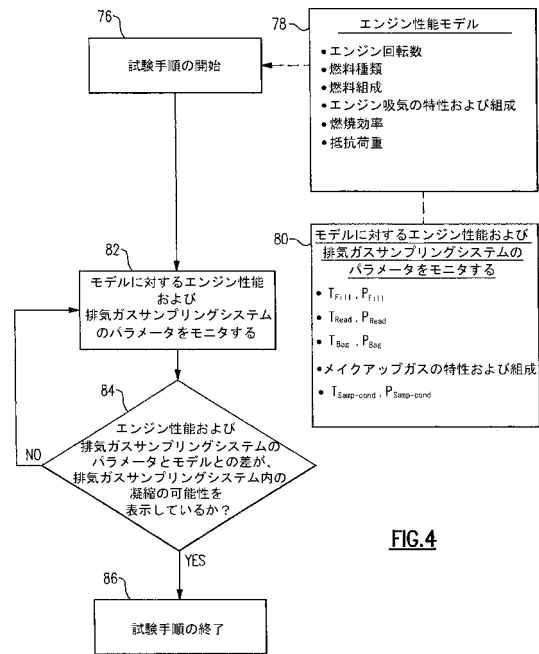


FIG.4

【図 5】

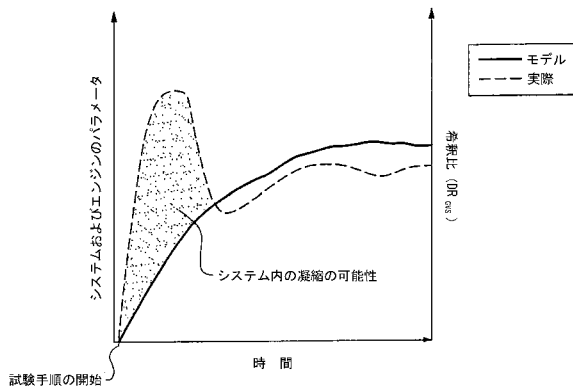


FIG.5

【図 6】

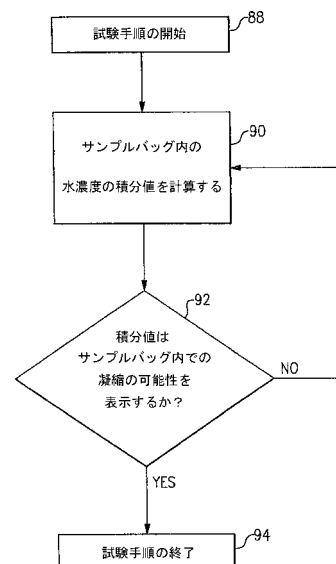


FIG.6

【図 7】

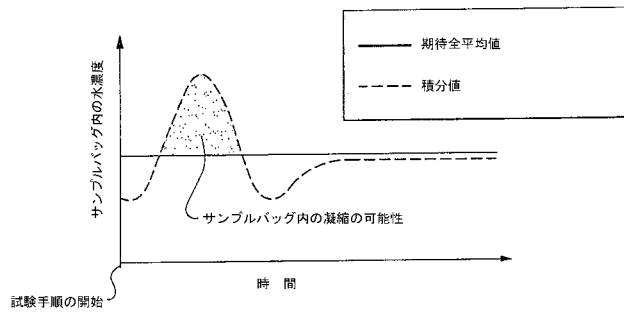


FIG.7

フロントページの続き

- (72)発明者 ジェームズ ウィリアムソン
アメリカ合衆国, 4 8 1 6 9 ミシガン州, ピニクニー, シグニチャーサークル 2 7 0 3
- (72)発明者 ゲラルド マレック
アメリカ合衆国, 4 8 1 6 9 ミシガン州, ピニクニー, ムーンライトベイ 9 0 4 4
- (72)発明者 ダグラス エドワード ミラー, ジュニア
アメリカ合衆国, 4 9 2 2 9 ミシガン州, ブリットン, リッジハイウェイ 1 0 2 7 5
- Fターム(参考) 2G052 AA02 AD02 AD22 AD42 BA14 CA12 CA38 DA14 FD01

【外国語明細書】

EXHAUST SAMPLING SYSTEM AND METHOD FOR WATER VAPOR MANAGEMENT

BACKGROUND

[0001] In typical exhaust sampling systems, such as constant volume samplers (CVS), engine exhaust is diluted with a make-up gas, or diluent, and a sample of the diluted exhaust is proportionally extracted and stored in one or more sample bags. Depending upon the engine size, drive cycle and ambient conditions, the CVS total flow rate, which includes both the make-up gas and engine exhaust, is selected to ensure the diluted exhaust sample does not condense water when stored in the bags.

[0002] In addition to determining an appropriate CVS total flow rate, some systems fill the sample bags with a gas, such as a pre-fill gas, to avoid bag condensation. Some other systems apply heat to the sample bags such that the temperature of the sample is maintained above the dew point.

SUMMARY

[0003] Disclosed is an exhaust sampling system including a plurality of exhaust sampling system zones. The zones are, at least, a sampling conduit, a fill circuit, and a read circuit. A controller is programmed to predict a minimum dilution ratio to avoid condensation in one of the exhaust sampling system zones. The controller is further programmed to run a test procedure in which a sample of exhaust is diluted with a make-up gas at a selected minimum dilution ratio that is greater than or equal to the predicted minimum dilution ratio. Further disclosed are methods of predicting whether condensation occurs during a test procedure.

[0004] These and other features of the present disclosure can be best understood from the following drawings and detailed description.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0005] The drawings can be briefly described as follows:

[0006] Figure 1 is a schematic view of an example exhaust sampling system.

[0007] Figure 2 is a schematic view of another example exhaust sampling system.

[0008] Figure 3 is a flow chart illustrating example steps for selecting a minimum dilution ratio for a test procedure.

[0009] Figure 4 is a flow chart illustrating example steps for determining whether a test procedure has been compromised.

[0010] Figure 5 is an example of the engine performance considered in the flow chart of Figure 4.

[0011] Figure 6 is another flow chart illustrating example steps for determining whether a test has been compromised.

[0012] Figure 7 is an example of the running average considered in the flow chart of Figure 6.

DETAILED DESCRIPTION

[0013] A schematic view of an example exhaust sampling system 10 is shown in Figure 1. In particular, the illustrated system 10 is a CVS. An example CVS is present in U.S. Patent No. 7,559,262, the entirety of which is herein incorporated by reference. It should be understood, however, that this application extends to other types of exhaust sampling systems, and is not limited to the particularities of the illustrated system 10.

[0014] The example system 10 includes a sampling conduit 12 configured to receive a make-up air 14 and exhaust 16 from an engine 18. The make-up air 14 is directed to the sampling conduit 12 by way of an inlet 20 formed in one end of the sampling conduit. The inlet 20 is provided with a filter 22 in this example. A pump 24 is positioned opposite the inlet 20 to draw a desired amount of make-up air into the sampling conduit 12. Exhaust 16 is directed into the sampling conduit 12 by way of a tail pipe 26.

[0015] As used herein, the term exhaust refers to the various fluids emitted from an engine (including gasses and vapors), as well as the particulate matter (PM) suspended therein. PM is commonly emitted from engines and typically includes carbonaceous matter in elemental form (or, soot) and carbonaceous matter in the form of volatile and semi-volatile hydrocarbon compounds (which may be SOF, or soluble organic fraction), and other organic and inorganic compounds (such as sulfates). The make-up air discussed above can be any type of diluent, such as ambient air, whose water concentration is known or readily determinable.

[0016] As illustrated, the sampling conduit 12 further includes a mixer 28, a tunnel 30, a heat exchanger 32, and a measuring device 34. A detailed discussion of these components is present in U.S. Patent No. 7,559,262. While the sampling conduit includes these components

28, 30, 32, 34 in this example, this application extends to other types of sampling conduits, including conduits without these components.

[0017] Downstream of the inlet 20 and the tail pipe 26 is a sampler 36 for extracting a sample of the mixture of the makeup gas 14 and the exhaust 16. The mixture of the makeup gas 14 and the exhaust 16 is referred to herein as the diluted exhaust. The sample, sampled by sampler 36, is referred to as the diluted exhaust sample.

[0018] Downstream of the sampler 36, the diluted exhaust sample is directed through a fill circuit 38. In this example, the fill circuit includes a valve 40, pump 42, and a flow meter 44. The fill circuit 38 further includes independently adjustable valves 46 leading to a respective sample bag 48. While the fill circuit 38 is shown including the valve 40, pump 42 and flow meter 44, the fill circuit could include any combination of components, as desired. As used herein, use of the term fill circuit 38 refers to the portion of the sampling system 10 downstream of the sampling conduit 12 and upstream of the sample bags 48. The term fill circuit can be inclusive of the sampler 36, in some examples.

[0019] As illustrated, the fill circuit 38 directs the diluted exhaust sample to two sample bags 48, however this application extends to disclosures which include any number of bags, including only one sample bag. Depending on the number of sample bags 48, the number of valves 46 can be adjusted accordingly.

[0020] Downstream of the bags 48 is a read circuit 50, which includes independently adjustable valves 52, a pump 54, a flow meter 55, and an emissions analyzer 56, which may be a bench-type analysis unit. Like the fill circuit 38, the read circuit 50 may include any combination of desired components. As used herein, the term read circuit 50 refers to the portion of the sampling system 10 downstream of the bags 48.

[0021] A controller 58, which may be any type of known computer including a computer readable medium with the capability of storing instructions executable by the controller. The controller 58 is further in communication with each of the disclosed system components. For example, the controller is operable to control and monitor the engine 18, and is further capable of independently operating the various pumps 24, 42, 54 and valves 40, 46, 52.

[0022] Variations of the system 10 come within the scope of this disclosure. For example, in one variation the system 10 fills the sample bags 48 with a gas, such as a pre-fill gas from a source 60, before filling the bags with the diluted exhaust sample to ensure an accurate

measurement at the analyzer 56. Such a system is disclosed in U.S. Patent No. 7,559,262. This disclosure extends to systems that do not include a pre-filling feature. This disclosure further extends to systems that include a post-filling feature either alone, or in combination with, a pre-filling feature.

[0023] In another example, the system 10 includes a mini-diluter 62, such as the one illustrated in Figure 2. Between Figures 1 and 2, like reference numerals are used to indicate like elements. In Figure 2 the exhaust 16 from the engine 18 is directed into the sampling conduit 12 and is sampled by the sampler 36. The exhaust sample is diluted with a make-up gas from the mini-diluter 62, at the mixer 64. An example system including a mini-diluter is U.S. Patent Application Publication No. 2010/0000339, the entirety of which is herein incorporated by reference.

[0024] With reference back to Figure 1, an exemplary emissions test procedure is conducted by directing exhaust 16 from the engine 18 into the sampling conduit 12, and diluting the exhaust 16 with the make-up air 14 at a minimum dilution ratio, $DR_{CVS-MIN}$, selected in advance of the procedure, as explained below. To dilute the exhaust 16 at the selected minimum dilution ratio, the controller 58 is programmed to instruct the pump 24 to draw an appropriate amount of make-up air 14 into the sampling conduit. In the example of Figure 2, dilution would take place at the mixer 64, by way of instructions from the controller 58 to the mini-diluter 62.

[0025] The diluted exhaust sample is directed from the sampling conduit 12 to the sample bags 48, by way of the fill circuit 38. The diluted exhaust sample is collected in the sample bags 48 during the test procedure. Following the test procedure, the diluted exhaust sample is directed from sample bags 48 downstream to the read circuit 50, and ultimately to an analyzer 56.

[0026] During test procedures such as the example procedure described above, the formation of condensation in the diluted exhaust sample not only leads to inaccurate test results, but certain legislation prohibits condensation from being permitted inside the sample bags. New legislation is even more restrictive, and prohibits condensation from forming in more than just the sample bags 48. In other words, if condensation occurs at any point in the sampling system 10 during a test procedure, the new legislation effectively renders that test procedure compromised, and a new test procedure would be required.

[0027] Accordingly, this disclosure considers not only the sample bags 48, but alternatively, or in addition, considers at least one of the read circuit 38, the fill circuit 50, and the sampling conduit 12, when selecting a minimum dilution ratio $DR_{CVS-MIN}$ for the exhaust 16.

[0028] In general, the dilution ratio DR_{CVS} is defined in accordance with the following:

$$DR_{CVS} = \frac{Q_m + Q_{ex}}{Q_{ex}}$$

where Q_m is the make-up gas 14 flow rate and Q_{ex} is an exhaust 16 flow rate. Once $DR_{CVS-MIN}$ is selected (e.g., DR_{CVS} is set to $DR_{CVS-MIN}$), as discussed below, then the flow rate in the sampling conduit Q_{CVS} is provided in accordance with:

$$Q_{CVS} = DR_{CVS-MIN} \cdot Q_{ex-ave}$$

where Q_{ex-ave} is an average expected exhaust 16 flow rate during a test procedure. Alternatively, Q_{ex-ave} could be a running average of exhaust 16 flow rate during the procedure. Given $DR_{CVS-MIN}$, the controller 58 is operable to provide an appropriate Q_{CVS} .

[0029] As generally mentioned above, the problem of condensation could be avoided by excessively diluting the exhaust 16 with the make-up gas 14. However, this would lead to an exhaust sample that would be extremely difficult to analyze, due to the high content of make-up gas 14 in the diluted exhaust sample. Accordingly, in one example of this disclosure the minimum dilution ratio $DR_{CVS-MIN}$ is selected such that it is as low as possible, while still being high enough to avoid condensation within the various components of the exhaust sampling system 10. To find this optimum $DR_{CVS-MIN}$, dilution ratios to avoid condensation in the fill circuit 38, the bags 48, the read circuit 50, and the sampling conduit 12 are separately determined, and the minimum dilution ratio of the exhaust 16 is set such that it is greater than or equal to a maximum of the predicted dilution ratios.

[0030] In particular, and with reference to Figure 3, a minimum dilution ratio to avoid condensation in the fill circuit 38 $DR_{fill-min}$ is predicted at 68, and is defined as follows:

$$DR_{fill-min} \geq \frac{W_{ex-max}}{W_{fill-sat} - W_m}$$

where W_{ex-max} is a maximum expected water concentration in the exhaust during the test procedure, $W_{fill-sat}$ is an expected saturated water concentration to be associated with the fill circuit 38 during the test procedure, and W_m is an expected water concentration in the make-up gas during the test procedure. In one example, $W_{fill-sat}$ is determined from the following equation:

$$W_{fill-sat} = \frac{P_{H2O-vap}(T_{fill})}{P_{fill}}$$

where $P_{H2O-vap}$ is a saturation vapor pressure that is identified using a known method (for example, a look-up table). In another example, $P_{H2O-vap}$ is identified using certain federal regulations as a guide. In this example, the input temperature T_{fill} is an expected average temperature of the diluted exhaust sample in the fill circuit 38 during a given test procedure. P_{fill} is an expected average pressure of the diluted exhaust sample in the fill circuit 38 during the test procedure. T_{fill} and P_{fill} can be determined by considering ambient conditions, for example, as well as the T_{fill} and P_{fill} present during prior, similar tests. In one example, T_{fill} is selected such that it is above the dew point of the mixture of the make-up gas 14 and the exhaust 16 at the minimum dilution ratio expected during testing, thus providing a built-in safety factor.

[0031] The remaining variables in the $DR_{fill-min}$ equation, W_{ex-max} and W_m , are predicted based on inputs from the engine and the surrounding system. For example, the composition of the fuel combusted by the engine, as well as the properties and composition of the engine intake air will impact the water concentration in the exhaust, W_{ex-max} . In the example where the make-up gas 14 is ambient air, the water concentration in the make-up gas 14 is determined based on parameters such as the temperature and pressure of the surroundings of the system 10. Various pressure and temperature sensors can be positioned relative to the system 10, and these sensors are capable of communicating with the controller 58.

[0032] At 70, a minimum dilution ratio to avoid condensation in the read circuit, $DR_{read-min}$, is predicted. Similar to $DR_{fill-min}$, $DR_{read-min}$ is predicted in accordance with:

$$DR_{read-min} \geq \frac{W_{ex-ave} - W_m}{W_{read-sat} - W_m}$$

where W_m is defined above, W_{ex-ave} is an is a average expected water concentration in the exhaust during the test procedure, and $W_{read-sat}$ is an expected saturated water concentration to be associated with the read circuit 50 during the test procedure. $W_{read-sat}$ is determined in a manner similar to $W_{fill-sat}$, above, and is based on T_{read} and P_{read} , an expected average temperature and pressure of the diluted exhaust sample in the read circuit 50 during a given test procedure. In particular, in the example, T_{read} is set above the dew point that corresponds to the water content in the diluted exhaust sample, and P_{read} is above a pressure to which the diluted exhaust sample is raised when pumping (e.g., with pump 54) to the analyzer 56.

[0033] Likewise, a predicted minimum dilution ratio is determined for the bags at 72.

$DR_{bag-min}$ is predicted in accordance with:

$$DR_{bag-min} \geq \frac{W_{ex-ave} - W_m}{W_{bag-sat} - W_m}$$

where $W_{bag-sat}$ is an expected saturated water concentration to be associated with the at least one sample bag 48 during the test procedure. $W_{bag-sat}$ is determined in a manner similar to $W_{read-sat}$ and $W_{fill-sat}$, above, and is based on and P_{bag} , an expected average temperature and pressure of the diluted exhaust sample within the bags 48 during a test procedure. T_{bag} will need to be above the dew point of the diluted exhaust sample in some examples. When computing $DR_{bag-min}$, some examples could substitute W_{ex-ave} with a maximum integrated value for the concentration of water in the exhaust gas, to protect for peak exhaust. That is, while the actual W_{ex-ave} could be used, some examples would substitute the value for W_{ex-ave} with the average plus a test-dependent margin.

[0034] Further, a predicted minimum dilution ratio is determined for the sampling conduit 12, at 73. $DR_{tun-min}$ is predicted in accordance with:

$$DR_{samp-cond-min} \geq \frac{W_{ex-max} - W_m}{W_{tun-sat} - W_m}$$

where W_{ex-max} and W_m are defined above, and $W_{tun-sat}$ is an expected saturated water concentration to be associated with the sampling conduit 12 during the test procedure. $W_{samp-cond-sat}$ is determined in a manner similar to $W_{fill-sat}$, above, and is based on $T_{samp-cond}$ and $P_{samp-cond}$, an expected average temperature and pressure of the diluted exhaust sample in the sampling conduit 12 during a given test procedure. In particular, in the example, $T_{samp-cond}$ is set above the dew point that corresponds to the water content in the diluted exhaust sample, and $P_{samp-cond}$ is assumed to be equal to atmospheric pressure.

[0035] In one example, during the test, the actual temperature of bags T_{bag} is higher by roughly 4-5 °C than the T_{bag} used in the calculations, to give some safety factor. P_{bag} may vary between the calculations and actual test conditions to provide a safety factor. Likewise, $DR_{fill-min}$ and $DR_{read-min}$ can be provided with built-in safety factors.

[0036] Once these minimum dilution ratios are predicted at steps 68, 70 and 72, the controller 58 selects an exhaust minimum dilution ratio, $DR_{CVS-MIN}$, that is greater than or equal to a maximum of the predicted minimum dilution ratios, $DR_{fill-min}$, $DR_{bag-min}$, $DR_{read-min}$, and $DR_{samp-cond-min}$. $DR_{CVS-MIN}$ is selected, at 74, as follows:

$$DR_{CVS-MIN} \geq \max(DR_{fill-min}, DR_{read-min}, DR_{bag-min}, DR_{samp-cond-min})$$

[0037] In one example test procedure, exhaust 16 is diluted with the make-up gas 14 at a ratio equal to $DR_{CVS-MIN}$. It is possible in some examples to dilute the exhaust at a ratio above the maximum of the predicted ratios for an added safety factor. However, as mentioned above, more accurate test results are possible with a lower dilution ratio. In one example, $DR_{CVS-MIN}$ is selected such that the make-up gas 14 is mixed with the exhaust 16 at a ratio within a range of 1:1 and 10:1.

[0038] The ratios $DR_{fill-min}$, $DR_{bag-min}$, $DR_{read-min}$, $DR_{samp-cond-min}$, and $DR_{CVS-MIN}$ are absolute minimums, such that the minimum dilution ratio should not drop below $DR_{CVS-MIN}$ at any point during the test procedure. In another example, the overall average dilution ratio over the course of a test would not drop below $DR_{CVS-MIN}$. In yet another example, the ratios are running averages, such that a running average of the dilution should not drop below $DR_{CVS-MIN}$.

[0039] In another example, the controller 58 dilutes the exhaust 18 at a ratio $DR_{CVS-MIN}$ determined based on at least one test parameter, which can include parameters from an engine or vehicle performance model 78 and parameters 80 of the system 10, as illustrated in Figure 4. In this example, the engine performance model 78 is a known model associated with the particular type of engine involved in the test procedure. The at least one test parameter can further include coefficients from a dynamometer, such as settings for resistive load, which may relate to peak exhaust expected during a test cycle.

[0040] Regardless of how $DR_{CVS-MIN}$ is selected, average and maximum exhaust flow rate from the engine or vehicle over the course of the test procedure, Q_{ex-ave} and Q_{ex-max} , can be estimated by given values, or, for example, can be predicted based on an estimated engine horsepower throughout the test procedure. Then the minimum $Q_{CVS-min}$ used throughout the test procedure can be provided as follows:

$$Q_{CVS-min} \geq \max(Q_{ex-max} \cdot DR_{fill-min}, Q_{ex-ave} \cdot DR_{read-min}, Q_{ex-max} \cdot DR_{bag-min}, Q_{ex-max} \cdot DR_{samp-cond-min})$$

[0041] In one example, the at least one test parameter includes such parameters as resistive load (e.g., dyno coefficients), engine RPM, fuel type, fuel composition, engine or vehicle intake air properties and composition, and combustion efficiency. Certain exhaust sampling system parameters would also be relevant in determining a minimum dilution ratio, as generally mentioned above, and would impact the engine performance model 78. These

parameters 80 include T_{fill} and P_{fill} , T_{read} and P_{read} , T_{bag} and P_{bag} , $T_{samp-cond}$ and $P_{samp-cond}$ and the composition properties of the make-up gas 14 (e.g., portions attributable to N_2 , O_2 , etc). For these parameters, a known engine performance model is determinable, and the controller can select a flow rate Q_{CVS} for a required minimum dilution ratio $DR_{CVS-MIN}$.

[0042] Alternatively, the minimum dilution ratio selected for the test of Figure 4 could be determined based on the method of Figure 3. Regardless of how DR_{CVS} is selected, an emissions test procedure begins as illustrated at 76 in Figure 4. As mentioned, the test procedure could dilute exhaust either at a minimum ratio selected in step 74, or at a minimum ratio determined based on at least one of the test parameters. In either case, once $DR_{CVS-MIN}$ is selected, the controller can suggest an optimized flow rate Q_{CVS} .

[0043] During the test, at 82, the controller 58 will monitor the actual performance of the test parameters relative to the model to determine whether the difference between the two indicates a possible condensation in the exhaust sampling system 10, at 84. If such an indication is present such that the tests may be compromised by potential condensation, the test procedure is ended at 86.

[0044] A graphical representation of a scenario indicating a possible compromise in the test procedure is shown in Figure 5. In the illustrated example, an engine 18 or system 10 parameters exceeds a value predicted by the model for an amount of time, as indicated by the shaded-in area between the actual value of the parameter and the value predicted by the model.

[0045] In one example, during the test procedure, the controller 58 monitors RPM of the engine 18 relative to a model relating engine RPM to minimum dilution ratio. If the engine RPM exceeds the value associated with the model such that the minimum dilution ratio $DR_{CVS-MIN}$ is not sufficient to avoid condensation, as represented in the shaded area of Figure 5, the controller 58 ends the test. In another example, when ambient air is used as the make-up gas 14, the controller 58 monitors the relative humidity of the ambient air. An unexpected peak in the relative humidity can indicate a compromised test.

[0046] Another feature of this disclosure is represented in the flowchart of Figure 6. During a test procedure, which begins at 88, an integral of the saturated water concentration within the sample bags, $W_{bag-sat-int}$, is calculated at 90. That is, $W_{bag-sat}$ is monitored as a function of time during the test procedure, and the integral of $W_{bag-sat}$ from time zero to "t" is used to determine whether there is concentration in bags at time "t." The integral is calculated at set

intervals, for example (e.g., t is 1 second, 2 seconds, 3 seconds, etc). From this integral, $W_{bag-sat-int}$, the controller 58 determines, at 92, whether a possible condensation in the sample bags 48 is indicated, by comparing $W_{bag-sat-int}$ with a model, for example. If a possible compromise in the test is identified, the test is ended, at 94.

[0047] Figure 7 represents an example where a possible compromise occurs during the test procedure. In this example, $W_{bag-sat-int}$ exceeds an average $W_{bag-sat}$ expected over the test procedure, as illustrated in the shaded area. Thus, the bags may be over-saturated and condensation may be present.

[0048] This disclosure can be used to avoid condensation in more than just the sample bags of an exhaust system. As noted, there are several reasons to avoid condensation in more than just the sample bags, including more accurate testing, and compliance with new regulations.

[0049] This disclosure can be used to interrupt a compromised test procedure by monitoring for condensation during the test, rather than determining, after a completed test, that condensation had occurred. Interrupting a compromised test leads to time and cost savings relative to the alternative.

[0050] Although the different examples have the specific components shown in the illustrations, embodiments of this invention are not limited to those particular combinations. It is possible to use some of the components or features from one of the examples in combination with features or components from another one of the examples.

[0051] One of ordinary skill in this art would understand that the above-described embodiments are exemplary and non-limiting. That is, modifications of this disclosure would come within the scope of the claims. Accordingly, the following claims should be studied to determine their true scope and content.

CLAIMS

What is claimed is:

1. An exhaust sampling system comprising:
a plurality of exhaust sampling system zones, the exhaust sampling system zones including a sampling conduit, a fill circuit, and a read circuit; and
a controller programmed to predict a minimum dilution ratio to avoid condensation in one of the exhaust sampling system zones, and wherein the controller is programmed to run a test procedure in which a sample of exhaust is diluted with a make-up gas at a selected minimum dilution ratio that is greater than or equal to the predicted minimum dilution ratio.
2. The system as recited in claim 1, wherein the exhaust sampling system zones further includes at least one sample bag, and wherein the controller is programmed to predict minimum dilution ratios to avoid condensation in the at least one sample bag and at least one of the other exhaust sampling system zones.
3. The system as recited in claim 2, wherein the selected minimum dilution ratio is equal to the maximum of the predicted minimum dilution ratios.
4. The system as recited in claim 2, wherein the selected minimum dilution ratio is greater than or equal to a maximum of the predicted minimum dilution ratios.
5. The system as recited in claim 4, wherein the controller is programmed to predict minimum dilution ratios to avoid condensation in each of the exhaust sampling system zones.
6. The system as recited in claim 5, wherein the selected minimum dilution ratio is within a range between 1:1 and 10:1.
7. The system as recited in claim 1, further including a pump in communication with the controller, wherein the controller is programmed to instruct the pump to draw an amount of make-up gas into the sampling conduit in accordance with the selected minimum dilution ratio.

8. A method of diluting an exhaust sample comprising:

predicting, with a controller, minimum dilution ratios to avoid condensation in each of a fill circuit, a read circuit, a sampling conduit, and at least one sample bag; and

diluting exhaust with a make-up gas, during a test procedure, at a ratio greater than or equal to a maximum of the predicted minimum dilution ratios.

9. The method as recited in claim 8, wherein the minimum dilution ratio to avoid condensation in the fill circuit $DR_{fill-min}$ is predicted in accordance with:

$$DR_{fill-min} \geq \frac{W_{ex-max}}{W_{fill-sat} - W_m}$$

where W_{ex-max} is a maximum expected water concentration in the exhaust during the test procedure, $W_{fill-sat}$ is an expected saturated water concentration to be associated with the fill circuit during the test procedure, and W_m is an expected water concentration in the make-up gas during the test procedure.

10. The method as recited in claim 8, wherein the minimum dilution ratio to avoid condensation in the fill circuit $DR_{read-min}$ is predicted in accordance with:

$$DR_{read-min} \geq \frac{W_{ex-ave} - W_m}{W_{read-sat} - W_m}$$

where W_{ex-ave} is an average expected water concentration in the exhaust during the test procedure, $W_{read-sat}$ is an expected saturated water concentration to be associated with the read circuit during the test procedure, and W_m is an expected water concentration in the make-up gas during the test procedure.

11. The method as recited in claim 8, wherein the minimum dilution ratio to avoid condensation in the fill circuit $DR_{bag-min}$ is predicted in accordance with:

$$DR_{bag-min} \geq \frac{W_{ex-ave} - W_m}{W_{bag-sat} - W_m}$$

where W_{ex-ave} is a maximum expected water concentration in the exhaust during the test procedure, $W_{bag-sat}$ is an expected saturated water concentration to be associated with the at least one sample bag during the test procedure, and W_m is an expected water concentration in the make-up gas during the test procedure.

12. The method as recited in claim 8, wherein the minimum dilution ratio to avoid condensation in the at least one sample bag $DR_{smp-cond-min}$ is predicted in accordance with:

$$DR_{smp-cond-min} \geq \frac{W_{ex-max} - W_m}{W_{smp-cond-sat} - W_m}$$

where W_{ex-max} is a maximum expected water concentration in the exhaust during the test procedure, $W_{smp-cond-sat}$ is an expected saturated water concentration to be associated with the sampling conduit during the test procedure, and W_m is an expected water concentration in the make-up gas during the test procedure.

13. The method as recited in claim 8, wherein the exhaust is diluted with the make-up gas at a minimum dilution ratio $DR_{CVS-MIN}$ as follows:

$$DR_{CVS-MIN} \geq \max(DR_{fill-min}, DR_{read-min}, DR_{bag-min}, DR_{smp-cond-min}).$$

14. The method as recited in claim 13, wherein $DR_{CVS-MIN}$ is within a range between 1:1 and 10:1.

15. The method as recited in claim 8, wherein the exhaust is diluted with the make-up gas in the sampling conduit.

16. The method as recited in claim 8, wherein the exhaust is diluted with the make-up gas at a point downstream of the sampling conduit with a mini-diluter.

17. The method as recited in claim 8, further including predicting, with the controller, a minimum dilution ratio to avoid condensation in the sampling conduit.

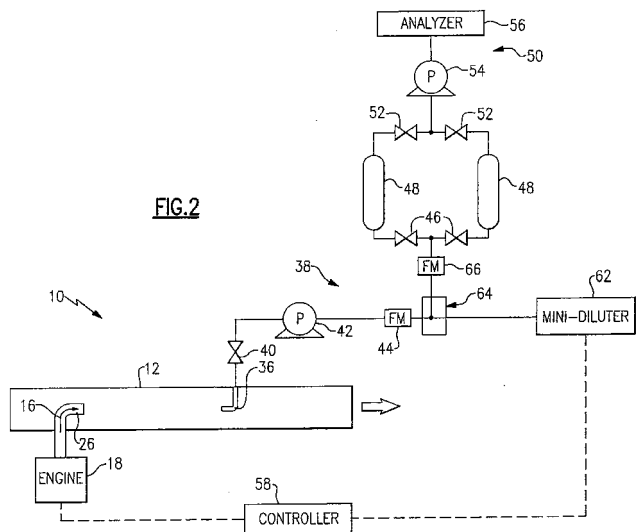
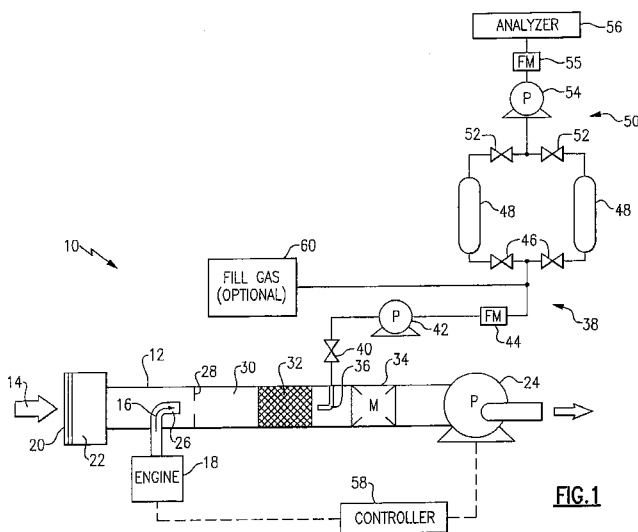
18. The method as recited in claim 17, wherein the exhaust is diluted with the make-up gas at a maximum of the minimum dilution ratios predicted to avoid condensation in the sampling conduit, the bag circuit, the read circuit, and the at least one sample bag.

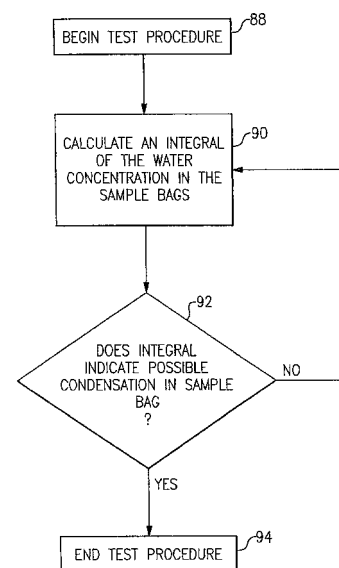
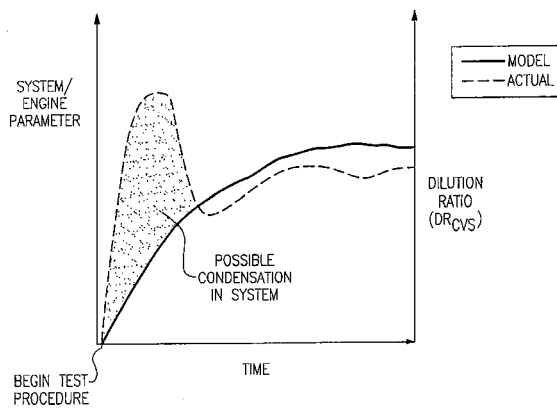
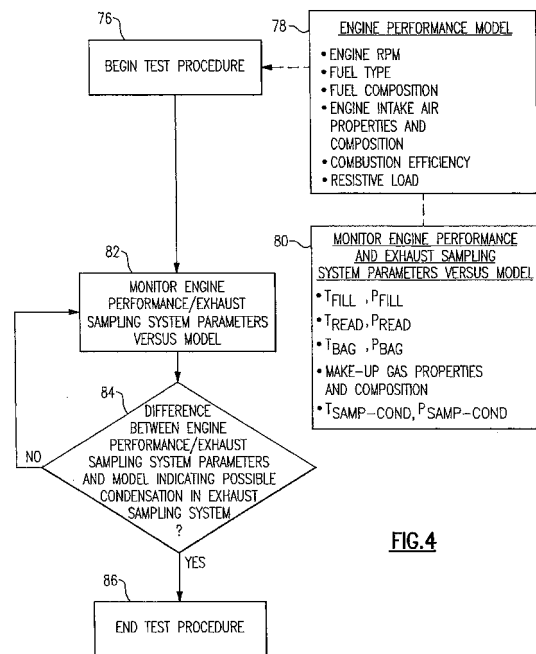
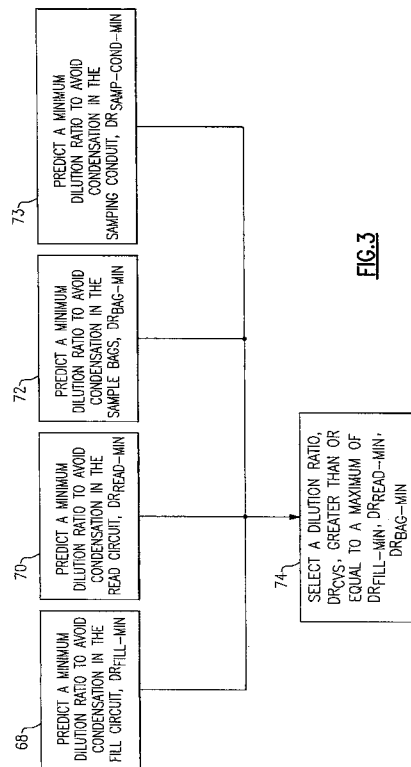
19. A method of predicting whether condensation occurs during a test procedure comprising:
providing an exhaust sampling system;
providing a model;
monitoring, with a controller, a performance of at least one parameter during a test procedure relative to the model to identify potential condensation within the exhaust sampling system.
20. The method as recited in claim 19, wherein the at least one parameter is one of an exhaust sampling system parameter and an engine parameter.
21. The method as recited in claim 19, wherein the exhaust is diluted at a ratio selected based on the model.
22. The method as recited in claim 19, wherein the model is based on the at least one parameter.
23. The method as recited in claim 22, wherein the at least one parameter includes a property of the make-up gas.
24. The method as recited in claim 22, wherein the at least one parameter includes a hydrocarbon concentration of a fuel to be combusted by the engine.
25. The method as recited in claim 22, wherein the at least one parameter includes a concentration of water within an engine intake air.
26. The method as recited in claim 22, wherein the at least one parameter includes a combustion efficiency of the engine.
27. A method of predicting whether condensation occurs during a test procedure comprising:
providing an exhaust sampling system including at least one sample bag;
diluting exhaust from an engine with a make-up gas;
filling the at least one bag with a sample of the diluted exhaust; and
determining, during a test procedure, whether condensation occurs in the at least one sample bag based on an integral of water concentration in the at least one sample bag.
28. The method as recited in claim 27, wherein the integral of the water concentration in the at least one sample bag is continually calculated, by a controller, during the test procedure.

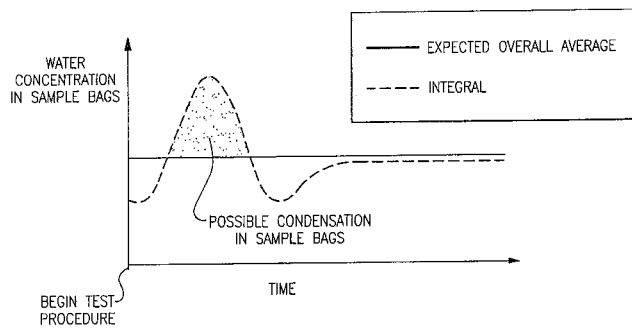
EXHAUST SAMPLING SYSTEM AND METHOD FOR WATER VAPOR MANAGEMENT

ABSTRACT

Disclosed is an exhaust sampling system including a plurality of exhaust sampling system zones. The zones are, at least, a sampling conduit, a fill circuit, and a read circuit. A controller is programmed to predict a minimum dilution ratio to avoid condensation in one of the exhaust sampling system zones. The controller is further programmed to run a test procedure in which a sample of exhaust is diluted with a make-up gas at a selected minimum dilution ratio that is greater than or equal to the predicted minimum dilution ratio. Further disclosed are methods of predicting whether condensation occurs during a test procedure.





**FIG.7**