

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エンジン作動状態が遷移するときにエンジンに送出される燃料量を調整する方法であって、
エンジンに送出すべき現在の定常状態燃料量を決定するステップと、
前回決定された燃料量と、前記現在の定常状態燃料量との差に基づいて、遷移の開始に続くある時間の間、前記現在の定常状態燃料量に、過渡燃料量を加えるステップとを含む方法。

【請求項 2】

過渡燃料量が負である、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 3】

負の過渡燃料量が算出された場合に、前記過渡燃料量をゼロに設定する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

ある燃料量を送出するステップが、エンジンのシリンダに前記燃料量を送出するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記燃料量が、エンジンの 2 つ以上のシリンダに送出される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記燃料量が、その間に燃料がそこを通過するためにバルブが開放される時間で表される、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 7】

前記遷移の開始に続く時間が、所定のサイクル数が発生するのに必要な時間である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記所定のサイクル数が、エンジンの所定のサイクル数である、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記所定のサイクル数が、エンジンのシリンダの所定のサイクル数である、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記遷移の開始に続く時間中に、過渡燃料量が変化する、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 11】

前記遷移の開始に続く時間中に、過渡燃料量が減衰する、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

過渡燃料量が所定の速度で減衰する、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

所定の時間が経過した後は、過渡燃料量が、送出される燃料量に影響を与えない、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

エンジン作動状態遷移が、スロットル位置の変化を含む、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 15】

エンジン作動状態遷移が、エンジン速度の変化を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】

エンジン作動状態遷移が、エンジン負荷の変化を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】

エンジン作動状態遷移が、エンジン速度の変化およびエンジン負荷の変化を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 18】

燃料がエンジンに送出される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 19】

50

前回決定された燃料量が、前回計算された送出すべき燃料量である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 20】

前回決定された燃料量が、送出された実際の燃料量である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 21】

前回決定された燃料量が、過渡燃料量がそれに追加されていなかった場合には、送出されたであろう定常状態燃料量である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 22】

エンジンに送出しようとする定常状態燃料量を決定するステップが、テーブルから定常状態燃料量を取り出すステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 23】

エンジンに送出しようとする定常状態燃料量を決定するステップが、テーブルから定常状態燃料量を内挿するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 24】

定常状態燃料量がマップを参照して決定される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 25】

過渡燃料量が、前回決定された燃料量と現在の定常状態燃料量との差の非線形関数に基づく、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 26】

過渡燃料量が、前回計算された燃料量と現在の定常状態燃料量との差に、エンジン感度係数を適用することによって計算される、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 27】

前記感度が、非線形関数である、請求項 26 に記載の方法。

【請求項 28】

トリム係数を調整するデバイス进行操作するステップをさらに含み、前記トリム係数が前記エンジン感度係数を変える、請求項 26 に記載の方法。

【請求項 29】

後続の各エンジンサイクルで、減衰係数が、過渡燃料量に適用される、請求項 26 に記載の方法。

【請求項 30】

減衰が非線形関数である、請求項 29 に記載の方法。

30

【請求項 31】

エンジン状態の所定の遷移に対する過渡燃料量が、所定のサイクル数に等しい時間、エンジンに送出される燃料量に影響を与える、請求項 26 に記載の方法。

【請求項 32】

エンジン状態の所定の遷移に対する過渡燃料量が、所定のサイクル数に送出される燃料量に影響を与えない、請求項 31 に記載の方法。

【請求項 33】

前記時間が、可変サイクル数である、請求項 31 に記載の方法。

【請求項 34】

過渡燃料量が、運転者操作デバイスにさらに基づく、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 35】

前記運転者操作デバイスが、エンジンの作動中に操作される、請求項 34 に記載の方法。

【請求項 36】

エンジン作動状態が遷移するとき、エンジンに送出される過渡燃料量を調整する方法であって、

エンジンに送出すべき現在の定常状態燃料量を決定するステップと、

前回決定された燃料量と前記現在の定常状態燃料量との差にエンジン感度係数を適用することによって初期過渡燃料量を計算するステップと、

トリム係数を変化させるトリムデバイス进行操作するステップと、

50

前記トリム係数を前記初期過渡燃料量に適用することによってトリミングした過渡燃料量を計算するステップと、
起動されると許可トリムモードと禁止トリムモードとを交替させる、トリムディフィートデバイスを起動するステップと、
トリムモードが禁止にされているときに、過渡燃料量を、前記初期過渡燃料量に等しく設定するステップと、
トリムモードが許可されているときに、過渡燃料量を、前記トリミングした過渡燃料量に等しく設定するステップとを含む、方法。

【請求項 37】

前記トリム係数をメモリーデバイスに保存するステップをさらに含む、請求項 36 に記載の方法。 10

【請求項 38】

前記トリム係数を前記メモリーデバイスから取り出すステップをさらに含む、請求項 37 に記載の方法。

【請求項 39】

前記トリム係数が非線形である、請求項 36 に記載の方法。

【請求項 40】

出力とメモリを有するプロセッサであって、前記メモリが、燃料送出データおよび命令を含み、この命令が、前記プロセッサによって実行されると、前記プロセッサが、燃料送出データを参照して送出すべき現在の定常状態燃料量を決定し、
前回に決定した燃料量と前記現在の定常状態燃料量との差に基づいて、遷移の開始に続くある時間の間、送出すべき前記現在の定常状態燃料量に過渡燃料量を追加し、
その燃料量に対応する信号を、出力に適用するプロセッサと、
燃料供給デバイスと、
プロセッサの前記出力に結合され、かつ前記燃料供給デバイスに作動可能に結合され、そこを通過する燃料流を制御する燃料供給アクチュエータとを含む、エンジン燃料制御装置。 20

【請求項 41】

エンジン燃料制御装置であって、
入力と出力とを有するプロセッサであって、エンジンに供給しようとする定常状態燃料量に、エンジンに提供しようとする過渡燃料量を加えたものに対応する信号が出力に生じるプロセッサと、
燃料供給デバイスと、
前記プロセッサの出力に結合されるとともに、作動可能に前記燃料供給デバイスに結合されて、そこを通過する燃料流を制御する燃料供給アクチュエータと、
前記プロセッサに結合された運転者起動入力デバイスであって、前記入力デバイスの起動がエンジンに送出すべき過渡燃料量を調整する、入力デバイスとを含む、装置。 30

【請求項 42】

前記燃料供給デバイスが、燃料インジェクタを含む、請求項 41 に記載の装置。

【請求項 43】

前記燃料供給デバイスが、気化器を含む、請求項 41 に記載の装置。 40

【請求項 44】

前記前記入力デバイスが、前記エンジンによって駆動される車両の、運転者によって操作される、請求項 41 に記載の装置。

【請求項 45】

前記入力デバイスがポテンショメータである、請求項 41 に記載の装置。

【請求項 46】

前記入力デバイスが、トリムアップ接点およびトリムダウン接点とを含む、請求項 41 に記載の装置。

【請求項 47】

前記トリムアップ接点が、送出される過渡燃料量を増大し、前記トリムダウン接点が、送出される過渡燃料量を低減する、請求項 4 1 に記載の装置。

【請求項 4 8】

送出される過渡燃料量を、前記入力デバイスによって影響されない基本燃料量と、前記入力デバイスによって影響されるトリミングされた燃料量とで交替させる、トリムディフィート接点をさらに含む、請求項 4 7 に記載の装置。

【請求項 4 9】

エンジン状態の遷移中に、エンジンに送出する燃料量を調整する方法であって、エンジンに送出する定常状態燃料量を決定するステップと、エンジンに送出する過渡燃料量を決定するステップと、エンジンに供給する過渡燃料量を調整するデバイス进行操作するステップと、前記定常状態燃料量に前記操作された過渡燃料量を加えたものに等しい燃料量をエンジンに送出するステップとを含む方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、内燃エンジン用のエンジン燃料送出管理システムに関する。特に、本発明は、送出すべき燃料量などの作動パラメータ量を変更することによって、エンジン作動状態の変化を補償するシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

20

【0 0 0 2】

本出願は、現在係属中であり、本発明の譲り受け人に譲渡されている、2 0 0 1 年 2 月 1 6 日付本願の米国特許出願第 0 9 / 7 8 4 , 3 3 6 号の部分的な継続である。この先願の同時係属中の特許出願の全文を本願に参照として組み入れる。

【0 0 0 3】

内燃エンジンの性能は、作動サイクル（例えば、1 サイクルに 3 6 0 ° のクランクシャフトの回転を有する 2 ストローク、1 サイクルに 7 2 0 ° のクランクシャフトの回転を有する 4 ストローク、またはパンケル）、燃料種類（例えば、ガソリンまたは重油）、燃焼室の数および設計、点火および燃料送出系の選択および制御、およびエンジンが作動する周囲条件を含む多数の要素に依存すると考えられている。

30

【0 0 0 4】

燃焼室に関する設計選択の例としては、圧縮比を選択すること、および各燃焼室に付随する吸気および排気バルブを選択することが含まれる。一般に、これらの選択は、エンジンが構築された後にエンジン作動を校正するために変更することはできないものである。

【0 0 0 5】

点火システムに関しては、ブレーカーポイントシステムおよび電子点火システムが知られている。これらの公知のシステムは、エンジンの作動特性、例えば回転速度および負荷などに基づきスパークタイミングを決めるものである。ブレーカーポイントシステムの場合には、エンジン速度は、遠心的に偏心させた錘を使用して機械的に検出されることが多く、またエンジン負荷は、通常、吸気マニホールド圧力または排気マニホールド圧力を使用して検出される。電子点火システムの場合には、エンジン速度は、通常、クランクシャフトの回転に対応付けた角度運動センサを用いて検出され、エンジン負荷は、例えば、スロットル位置センサ、吸気マニホールド圧力または空気流量センサの出力によって検出されることが多い。いずれの場合にも、エンジンの所定の定常作動状態に対しては、通常、スパークタイミングは固定されている。

40

【0 0 0 6】

燃料送出システムに関しては、気化器および燃料噴射システムが知られている。これらの公知のシステムは、運転者が設定するスロットルの位置に応じて、ある量の燃料、例えばガソリンと空気を供給する。気化器の場合には、燃料は「ジェット」と呼ばれるオリフィスのシステムによって送出される。気化器の作動の例としては、アイドルジェットは、エ

50

エンジンのアイドルリング速度において、スロットルバルブの下流に燃料を送出することができ、またエンジン負荷の急速な増大を容易にするために加速ポンプによって燃料送出を増大させることができる。ほとんどの気化器は、特定のエンジン負荷における燃料送出量を修正するためには、分解して寸法の異なるジェットまたはポンプを取り付ける必要がある。しかしながら、これは労力を要する作業であり、ほとんどの場合に、エンジンが作動していない間にのみ実施できるものである。

【 0 0 0 7 】

公知の燃料噴射システムは、電子的に作動可能であり、正確に計量された量の燃料を吸気システム中に噴射するか、または燃焼シリンダに直接的に噴射するものである。燃料量は、エンジンの状態および「マップ」または「ルックアップテーブル」と呼ばれるデータテーブルに基づいてコントローラが決定する。このマップには、コントローラに接続されたセンサによって計測可能な、少なくとも1つの独立変数（すなわち、エンジン状態の特性）がとり得る値または「設定点」の集合、および従属変数制御関数のための対応する制御値、例えば燃料量の集合を含む。

10

【 0 0 0 8 】

従来、マップはエンジン製造業者によって開発されて、工場においてエンジン制御ユニットに恒久的に設定されている。現在、道路車両については、排出ガス規制に適合するために、これは法律的に規制されているものである。しかしながら、法律的に規制されていない場合でも、種々の理由から、製造業者はエンジン運転者がマップを修正することを防止しており、それは例えば、製造業者は、そのマップが最善のエンジン性能を提供すると考えている、製造業者は、エンジン運転者が不適切な制御値を設定することによってエンジンを損傷する可能性を心配する、あるいは製造業者は、エンジン運転者が適正にマップを修正するのに十分な能力を持たないと仮定している、などの理由である。しかしながら、製造業者は、自らが設定する1組の条件下において最良の性能を出すようにそのマップを最適化している。しかし、場合によっては、それらの条件は、エンジンが作動する条件に適合しないことがあると考えられる。その結果として、保存マップは、エンジンの性能を最適化するのではなく、限定することもある。

20

【 0 0 0 9 】

さらに、従来式のマップは、通常、定常状態で作動しているエンジンに対して適切な燃料送出および点火タイミングを提供するように構築されている。したがって、例えば、加速中または減速中のエンジンなどの遷移状態で作動するエンジンに対しては、適切でない可能性がある。

30

【 0 0 1 0 】

さらに、エンジン性能は、周囲条件において燃焼を達成する方法に実質的に依存するものである。空気とガソリンの化学量論的質量比は、約14.7:1である。しかしながら、約10:1~約20:1の比で燃焼が起こり、また空燃比（「AFR」）を、特定のエンジン性能（例えば、あるレベルの出力、良好な燃費、または低排出物）を達成するように調整するのが望ましいことが多い。エンジンの燃料送出システムを適正に較正して、すべての作動条件において最適なAFRを送出することは、較正作業において最も重要な目標の1つである。また、これは較正作業における、最も時間を要し、困難で費用のかかる部分である。同様に、通常はピストンが圧縮工程の上死点に到達するまでのクランク回転の角度で計測される、点火タイミングを調整して、特定のエンジン性能（例えば、最少燃料消費または排出物低減）を達成するのが望ましい。

40

【 0 0 1 1 】

これらのシステム供給業者によって確立された固定的な制御によってエンジン作動が制約されていることは、公知の点火タイミングシステムおよび燃料供給システムの欠点であると考えられる。また、エンジン作動状態遷移中に燃料送出を変化させる、簡便で効果的なシステムと方法が必要とされているといえる。したがって、公知の燃料送出システムの欠点を克服することへのニーズがある。

【 発明の開示 】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明は、エンジン作動状態が遷移するときエンジンに送出される燃料の量を調整するシステム、方法および装置を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の一形態によると、定常状態条件下でエンジンに送出すべき燃料の現在定常状態量をデータテーブルから決定するステップと、燃料の現在定常状態量に過渡燃料量を追加するステップとを含む方法が提供される。この過渡燃料量は、前回の送出された定常状態燃料量と現在の送出すべき定常状態燃料量との差に基づく。定常状態燃料量は、ある定常状態10
でエンジンが作動しているときに、エンジンに送出された、または送出すべき燃料の量である。それを用いて定常状態燃料量を決定するためのデータテーブルは、エンジン負荷とエンジン速度を利用して定常状態燃料量を決定する2次元マップとすることができる。決定された定常状態量は、あるエンジン作動状態に対応するマップ上の最も近い値であり、それを取り出して、必要とされる定常状態必要燃料質量として使用することができる。代替手法として、定常状態値は、マップ上の複数の値から内挿することもできる。例えば、内挿を使用するときには、定常状態値は、現在エンジン作動状態に最も近い2つの速度値と、現在エンジン作動状態に最も近い2つの負荷値とから内挿することができる。遷移は、エンジンが1つの作動状態から別の状態に移行するとき発生する。したがって、遷移は、マップ上の任意の位置から、他の任意の位置への任意の移動に対応する。正および20
負の過渡燃料量の両方をもたらす遷移補償を実施するとともに、正と負の過渡燃料量に異なる重みを付けることができる。

【0014】

本発明はまた、エンジン遷移燃料制御装置およびその装置の操作方法を目的とする。エンジン遷移燃料制御装置には、プロセッサ、燃料供給デバイス、および燃料供給アクチュエータが含まれる。プロセッサは、出力およびメモリを有し、このメモリは燃料送出テーブルおよび命令を含む。これらの命令がプロセッサによって実行されると、プロセッサは、送出すべき定常状態燃料量を決定し、遷移の開始に続くある時間、この送出すべき定常状態燃料量に過渡燃料量を追加し、かつその燃料の合計量に対応する信号を出力に加える。送出すべき定常状態燃料量は、燃料送出テーブルを参照して決定され、過渡燃料量は、前30
回決定された定常状態燃料量と、送出すべき現在の定常状態燃料量との差に基づいている。燃料供給アクチュエータは、プロセッサの出力に結合され、かつそれを介して燃料流を制御する燃料供給デバイスに作動可能に結合されている。

【0015】

本発明は、構成要素を取り外したりシステムを分解する必要がなく、燃料送出を電子的に調整する機能を含み、多数の利点を提供する。別の利点は、エンジンの作動中に、特に過渡燃料量を含む、燃料送出を電子的に調整する本発明の機能である。さらに別の利点は、エンジンへの燃料供給が、エンジン作動状態の変化を補償するプログラムによって制御することができることである。別の利点は、エンジンへの燃料供給を、エンジン作動における所望の変化を補償するプログラムによって制御できることである。40

【0016】

したがって、本発明は、従来式のエンジン制御システムおよび方法の欠点に対する解決策を提供する。当業者であれば、本発明のそれら、およびその他の詳細、特徴および利点が、以下の本発明の好ましい実施形態の詳細な説明においてさらに明らかになることを理解するであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本明細書に組み込まれてその一部を構成する添付の図面は、本発明の1つまたは複数の実施形態を含み、前述の概要説明および以下の詳細な説明とともに、本発明を実施するために考案された最良の形態にしたがって本発明の原理を開示する役割をする。50

【0018】

次いで、本発明の好ましい実施形態を詳細に説明するが、その実施例を添付の図面に示してある。本明細書に含めた本発明の図および記述は、本発明に特に関係のある要素を示して記述してあり、一方で、分かり易くするために、一般的なエンジンおよびエンジン制御システムに見られるその他の要素は省略してあることを理解されたい。

【0019】

本発明と関連して使用される場合、「トリム」または「トリミング」、「グループ」、「トリム定義」および「マップセット」の表現には、特定の意味がある。「トリム」および「トリミング」は、1つまたは複数のマップ設定点または過渡作動パラメータ値を変更することを意味する。この変更の値は、正または負の値であってもよく、初期値または選択された増分の関数とすることができる。「グループ」は、トリミング作用が一斉に作用する、設定点または過渡作動パラメータの集合 (aggregation) または群 (parcel) を意味する。グループは、「トリム定義」によって定義することができる。例えば、トリム定義はエンジン制御マップを区分することによって、1つまたは複数の独立変数、例えば検知されたエンジン作動特性の1つまたは複数の選択範囲内にある設定点のグループを生成することができる。「マップセット」の表現は、単一のエンジン制御マップおよび/または過渡作動パラメータを意味するか、または2つ以上の関連するエンジン制御マップまたは過渡作動パラメータの連合を意味する。例えば、マップセットは、燃料送出マップだけから構成することができる。代替選択肢として、マップセットは、点火タイミングマップ、燃料送出マップ、および増加および減少燃料過渡作動パラメータを含む。

【0020】

本明細書において、「一実施形態」または「実施形態」の参照は、特定の特徴、構造または実施形態に関して記述した特性が、本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれることを示す。本明細書の様々な場所において、「一実施形態において」のような語句が現れても、それは必ずしもすべて同じ実施形態を参照するとは限らない。

【0021】

図1は、エンジン管理システム10の一実施形態を示し、これには外部コンピュータ130内のエンジン管理ファイルのライブラリが含まれる。これらのエンジン管理ファイルは、プロセッサ120を介してエンジン制御システムに利用可能とすることができ、またエンジン性能を較正するために使用することができる。エンジン管理システム10は、1つまたは複数の入力または出力デバイス (例えば、センサまたはアクチュエータ) に (例えば、ワイヤ、ファイバ、無線、もしくはその他の結合デバイスを介して) 結合されたエンジン制御ユニット20を含む。エンジン制御ユニット20には、1つまたは複数の電気入力信号に作用して、1つまたは複数の電気出力信号を供給する、コード化命令を使用するプロセッサ120を含めることができる。一実施形態によれば、エンジン制御ユニット20と他の種々の構成要素とがワイヤによって電氣的に接続されており、これらの構成要素を次に詳細に記述する。エンジン制御ユニット20は、車両シャシーに装着されたハウジング20aを有してもよく、このハウジングを介して、他の構成要素を、電氣的に車両シャシー (図示せず)、例えばモータサイクルフレームに対して公知の方法で電氣的に接地することができる。

【0022】

一実施形態によれば、エンジン制御ユニット20は、単一エンジン作動制御値、すなわち単一エンジン制御を調整するための、燃料送出量などを提供することができる。しかしながら、別の実施形態によれば、エンジン制御ユニット20は、複数のエンジン制御を制御するための、燃料量および点火タイミングなどの、複数のエンジン作動制御値を提供することができる。

【0023】

図2は、本発明と関係して利用可能な燃料送出システム40の実施形態を示す。エンジン制御ユニット20は、図1に示すように、燃料送出システム40に電氣的に接続されてい

る。図示した燃料送出システム40は、燃料タンク302、粗フィルタ304、燃料ポンプ306、圧力調整器308、細フィルタ310、燃料インジェクタ312、および燃料ライン314を含む。燃料タンク302は、エンジン100に送出されて、そこで消費される、ガソリンまたは重油などの燃料を収容する。燃料ライン314は、例えば、燃料タンク302および燃料インジェクタ312と流体連通する、鋼管またはステンレス鋼管とすることができる。

【0024】

粗フィルタ(coarse filter)304は、燃料ライン314に沿って配置し、燃料タンク302から燃料ポンプ306に燃料が移動するときに、燃料から大きな混入物を除去するようにすることができる。燃料ポンプ306も、燃料タンク302と燃料インジェクタ312との間の燃料ライン314に配置してもよい。燃料ポンプ306は、別の選択肢として燃料タンク302内などの別の場所に配置してもよい。燃料ポンプ306は、通常、ポンプ入口316とポンプ出口318との間に燃料ライン314中に圧力差を生成し、これによって燃料を、燃料タンク302から燃料ライン314およびライン上の構成要素を介して、最終的には燃料インジェクタ312へと移送する。燃料ポンプ306は、電氣的にエンジン制御ユニット20と電氣的に相互接続して、例えば、正変位型(positive displacement type)ポンプまたは動的(dynamic type)ポンプとすることができる。

【0025】

圧力調整器308は、燃料ライン314中の圧力差を計測し、燃料タンク302およびポンプ出口318と流体連通して配管してもよい。圧力調整器308は、燃料ポンプ306の作動を制御し、圧力差を所望のレベルに維持することができる。圧力調整器308は、一実施形態においては、高圧燃料流の部分を燃料タンク302に戻すことによって過剰圧力を開放する。圧力調整器308は、代替的に、または追加としてエンジン制御ユニット20と相互接続して、エンジン制御ユニット20に入力信号を提供し、その結果、エンジン制御ユニット20が燃料ポンプ306の作動を制御し、所望の燃料差圧を維持することができる。細フィルタ(fine filter)310は、燃料ポンプ306と燃料インジェクタ312との間の燃料ライン314に配置して、そうしなければ燃料インジェクタ312内に詰まる可能性のある、燃料中に残留する細粒の混入物を除去することができる。燃料インジェクタ312は、燃料を微粉化し、必要に応じて、燃料を1つまたは複数のシリンダ362の方向に噴霧する。燃料インジェクタ312は、例えば2ストロークエンジン内の吸気ポートまたは4ストロークエンジン内の吸気路(inlet tract)352に向かって正確に計量された量の燃料を噴霧するように配向することができる。複数の吸気バルブを有する4ストロークエンジン設計の場合には、それぞれの燃料インジェクタ312を、図3に示すように単一バルブのために吸気路352中に燃料を噴霧するように配向するか、あるいは燃料インジェクタ312は、複数吸気バルブに燃料を提供することができる。

【0026】

図3は、本発明に関連して利用することのできる、4ストロークエンジン350のシリンダの一実施形態を示す。例えば、2ストロークエンジンおよび、燃料インジェクタ312がシリンダ362の1つまたは複数に燃料を送出する構成を含む、その他のシリンダ構成も、本発明とともに利用することができることに気付くであろう。図3の実施形態は、燃料インジェクタ312、吸気路352、吸気バルブ354、スパークプラグ356、排気バルブ358、排気管360、シリンダ362、およびコネクティングロッド366およびベアリング368を介してクランクシャフト(図示せず)に取り付けられたピストン364を含む。

【0027】

図2に示す燃料ライン314からの加圧された燃料は、燃料インジェクタ312のノズル370を通して、電氣的に作動するソレノイドバルブ(図示せず)などのバルブが開き、燃料が燃料インジェクタ312中を流れることができるようになると、噴霧される。その

10

20

30

40

50

バルブは、エンジン制御ユニット 20 の出力を介して起動される、電氣的に作動可能なソレノイドバルブにすることができる。そのようなソレノイドバルブの制御は、通常、パルス幅変調によって実行され、開時間が長くなると、より多くの燃料が、燃料インジェクタ 312 によって、シリンダまたはシリンダ群 362 に提供される。バタフライバルブを、1 つまたは複数のシリンダ 362 の吸気路 352 中への空気流を起こさせる位置に配置してもよい。バタフライバルブは、吸気路 352 への空気流を防止する第 1 の位置と、吸気路 352 への空気流を可能にする第 2 の位置との間の軸の周りに旋回可能にしてもよい。アクチュエータカム (図示せず) をバタフライバルブに接続して、リターンスプリング、例えばトーションスプリングの付勢に逆らって、バタフライバルブを、第 1 の位置から第 2 の位置に旋回させてもよい。アクチュエータカムは、スロットルケーブル (図示せず) を介して、運転者が制御するスロットル制御要素 (図示せず) に接続することができる。代替選択肢として、アクチュエータカムは、エンジン管理システム 10 の出力によって制御し、スロットル制御要素は、エンジン管理システム 10 の入力としてのみ働くようにしてもよい。図 1 に示すように、スロットル位置センサ 44 は、バタフライバルブが軸の回りに旋回するとき、バタフライバルブの角度位置を計測するために、例えば、バタフライバルブに接続し、かつ / またはエンジン管理システム 10 への入力のためのスロットル制御要素に接続してもよい。

10

【0028】

燃料は、通常、吸気バルブ 354 を通過して、シリンダまたは複数シリンダ 362 へと流される。次いで、吸気バルブ 354 が閉じて、スパークプラグ 356 によって燃料が点火され、それによってピストン 364 を吸気バルブ 354 および排気バルブ 358 から離れる方向に駆動させる。ピストン 364 が吸気バルブ 354 および排気バルブ 358 に向かって戻ると、排気バルブ 358 が開き、それによって排出ガスが、シリンダ 362 から外に押し出され、排気バルブ 358 を通過し、さらに排気管 360 を通過して出る。

20

【0029】

シリンダ 362 に送出された燃料は、吸気路 352 を通過し、そこで燃料を、吸気路 352 を通って吸引された酸化剤、例えば空気と混合させることができることに留意されたい。したがって、液状燃料が吸気路 352 の壁面 372 上または吸気バルブ 354 の背面上に蓄積する可能性がある。燃料の送出は、エンジンが高負荷のときには、吸気バルブ 354 が開位置にあるときの、4 ストロークエンジン 350 におけるシリンダ 362 のほぼ 4 分の 1 サイクルと、吸気バルブ 354 が閉位置にあるときの、4 分の 3 サイクルの大部分の、両方の間において行うことができる。したがって、特にそのような高負荷エンジン条件下で、実質的な蓄積が、吸気管壁面 372 上および吸気バルブ 352 上、ならびに吸気路 352 内に存在する空気流中に発生する可能性がある。本発明は、一部には、シリンダ 362 に送出しようとする燃料が、代わりに吸気路 352 に残留する場合には希薄作動を補償するか、または吸気路 352 からの燃料が、燃料インジェクタ 312 によって提供される燃料に加えて、エンジン 100 に送出される場合には、濃化作動を補償することを目

30

【0030】

エンジン制御ユニット 20 は、ダッシュパネル 80 に電氣的に接続してもよく、それが米国特許出願第 09 / 784, 336 号に記載されている。エンジン管理システム 10 が図に示されているように、エンジン制御ユニット 20 が燃料量を制御する信号を供給する。追加の制御信号、例えば、点火タイミングを制御する信号を、エンジン制御ユニット 20 によって提供することもできることに留意すべきである。一般に、マップセットには、異なる数 (すなわち、1 つ、2 つまたは 3 つ以上) のマップ、異なるタイプ (例えば、燃料タイミング、パワージェット起動、またはパワーバルブ起動) のマップ、またはマップタイプの異なる組み合わせ (例えば、点火タイミング、燃料タイミング、およびパワーバルブ起動) を含めることができる。

40

【0031】

表 1 は、任意に選択された数の定常状態燃料量設定点を含む、マップの例を示す。燃料量

50

設定点は、通常、エンジン毎に異なり、したがって最適燃料量設定点は、各エンジン 1 0 0 に対して個別に較正される。燃料量設定点はまた、最適化、すなわち最大出力、最少燃料消費、排出物規制などに応じて、一般に任意の特定エンジン 1 0 0 に対しても変化する。

【 0 0 3 2 】

エンジン状態は、エンジンの 1 つまたは複数の作動特性の値を計測することによって定義することができる。エンジン管理においては、エンジン速度および負荷を使用して、エンジン作動状態の 2 次元平面を定義するのが通例である。また、エンジン燃料装荷などの制御値を、有限数の作動状態について計測することも一般的である。したがって、マップには、既知のエンジン状態に対応する燃料値を含めることができる。第 1 の軸としてエンジン負荷に対応する計測可能な特性と、第 2 の軸としてエンジン速度に対応する計測可能な特性とを有する 2 次元マップにおいて、あるエンジン状態は、マップ面上で、現在エンジン負荷と現在エンジン速度との交叉点として定義される。

10

【 0 0 3 3 】

したがって、エンジン 1 0 0 の作動状態は、エンジン 1 0 0 の回転速度およびエンジン 1 0 0 にかかる負荷を計測することを含み、多くの方法で求めることができる。エンジン速度は、通常、1 分間の回転数、または r p m の単位で表される。エンジン負荷は、種々のセンサ、例えば、スロットル位置センサ 4 4、マニホールド真空センサ（図示せず）、または 1 つまたは複数のシリンダ 3 6 2 に流入する空気流量（mass air flow）センサ（図示せず）によって検知することができる。本発明はまた、エンジン 1 0 0 またはシリンダ 3 6 2 に送出された、あるいは送出すべき 1 サイクル当たりの空気質量を利用して、エンジン負荷を検知することを考慮する。表 1 の各設定点は、2 つのエンジン作動特性、すなわちエンジン速度値およびエンジン負荷値に対応している。したがって、（例えば、エンジン 1 0 0 に結合されたクランクシャフト角度運動センサ 1 0 2 からの出力信号から検知または導かれる）エンジン速度の所定の値、および（例えば、スロットル位置センサ 4 4 で計測される）エンジン負荷の所定の値に対して、燃料量設定点がマップ内に割り当てられており、そこから読み取ることができる。例えば、表 1 に示すマップによって、スロットル開度が 5 0 % のとき、毎分 2 0 0 0 回転（r p m）において、エンジン制御ユニット 2 0 に、1 サイクル当たり 2 5 グラムの燃料が送出される。5 0 0 0 r p m では、スロットルが全開のとき、エンジン制御ユニット 2 0 は、1 サイクルに 5 0 グラムの燃料を供給するように燃料送出を変更する。すなわち、エンジン負荷（例えば、スロットル位置）またはエンジン速度のいずれかが変化すると、燃料送出システム 4 0 は、新規の速度および負荷において送出すべき燃料の最初の定常状態量を、マップを参照して決定する。

20

30

【 0 0 3 4 】

【 表 1 】

TABLE 1

燃料送出 (ミリガロン／サイクル)		エンジン速度 (回転／分)			
		1000	2000	5000	7000
負荷 (スロットル 開度パーセン テージ)	5	7	5	4	3
	25	10	21	15	10
	50	15	25	37	30
	75	15	25	44	40
	100	15	25	50	45

10

【0035】

20

一般に、マップは、マップにおいて利用される各エンジン作動特性に対する計測値の小さな増分に対して割り当てることができる多数の設定点を含む。エンジンの作動状態が、特性の指定された値の間のギャップ（例えば、表1において、エンジン速度の指定値間には2000rpm以上のギャップが、エンジン負荷には20%以上のギャップがある）に入る場合には、エンジン制御ユニット20は、2つの最も近い速度列、および2つの最も近い負荷行、またはその等価量の間で、作動制御値を内挿することができる。

【0036】

図1に示すように、プロセッサ120からデータポート110を介するか、またはパームサイズコンピュータでもよいプロセッサ120を、ダッシュパネル80の固定部分80aに「ドッキング」することによって、1つまたは複数のマップセットを含むエンジン管理データをエンジン制御ユニット20にダウンロードすることができる。複数マップを、エンジン制御ユニット20にダウンロードし、異なる作動パラメータを制御し、かつ/または異なる状況または条件に対して単一の作動パラメータを最適化することができる。例えば、通常のレーシング条件を最適化するマップ、低速からの加速中にエンジン作動を最適化するマップ、および高速においてエンジン作動を最適化するマップをそれぞれ、エンジン制御ユニット20にロードすることができる。次いで運転者は、車両を運転中に、例えばエンジン制御ユニット20に結合された3ポジションマップ選択スイッチ82を動かすことによってロードされた3つのマップの内の、任意の1つを選択することができる。さらに運転者は、エンジン制御ユニット20にインタフェースするために、ノブまたはトリムアップボタンもしくはトリムダウンボタンなどの別のインタフェースによって、各マップのある特性をトリムアップおよびトリムダウンすることができる。

30

40

【0037】

エンジン100は、2つのタイプの作動モードを有し、それは定常状態モードおよび、一般に過渡モードまたは遷移モードと呼ばれる非定常状態モードである。エンジン100は、エンジン負荷および速度が、時間に対して一定であるときには定常状態モードで作動し、エンジン負荷または速度のいずれかが時間とともに変化するときには過渡モードで作動する。言い換えると、エンジン100は、エンジン作動が1つの状態から別の状態に変化するときにはいつも過渡モードで作動している。したがって遷移は、マップ上の任意の位置からマップ上の他の任意の位置への移動に対応させることができる。

【0038】

50

マップは、通常、定常状態エンジン作動に対して最適化される。しかしながら、エンジン 100 は、ほとんどの場合に、変化する速度と負荷において作動している。例えば、レーシング用 2 輪車のエンジンは、通常のレーシング場で遭遇する坂やカーブなどの変化するトラック条件のために、常にその作動状態が変化していることもある。さらに、定常状態に対して最適化されたエンジンに送出される燃料質量などの値は、一般に過渡的作動に対しては最適値ではない。したがって、エンジン作動状態における遷移中の性能を最適化する方法とシステムに対するニーズがある。

【0039】

本発明には、それを用いて運転者が過渡燃料装荷の作動を変えることのできる、エンジン制御ユニット 20 へのインタフェースを含めることもできる。例えば、3 ポジション過渡モード選択スイッチ 84 を、エンジン制御ユニット 20 に結合してもよい。そのスイッチは、例えば、上部ポジション、中央ポジション、および下部ポジションを有することができる。上部ポジションは、最速エンジン応答に対して最適化してもよい。中央ポジションは、例えば、運転者に対してより快適な運転、またはより安定な車両の運転を提供する通常運転に対して最適化してもよい。下部ポジションは、すべり易い条件下での運転に対して最適化してもよい。もちろんのこと、運転者および/または車両のニーズに応じて、任意の条件および任意の数の過渡モードに対する最適化が可能である。

【0040】

さらに過渡モードは、個々のマップに連結してもよい。すなわち、エンジン制御ユニット 20 内に収容された各マップに対して、異なる過渡制御モードを作動させることができる。エンジン制御ユニット 20 には、各マップに固有の 3 つの過渡補償モードを有する 3 つの燃料装荷マップを含めてもよく、過渡モード選択スイッチ 84 を利用して、マップ選択スイッチ 82 によって選択されたマップに関係する、3 つの過渡モードの 1 つを選択することができる。

【0041】

プロセッサ 120 と、データポート 110 または固定部分 80 a のいずれかとの間の結合は、配線によるかまたは無線とすることができる。上述のエンジン制御ユニット 20 の作動に加えて、エンジン制御ユニット 20 は、必要に応じてスマートライトの作動やその他の機能の実行を行うことができる。

【0042】

ダウンロードされたデータの処理に加えて、エンジン制御ユニット 20 は、任意の必要なオンボードセンサに接続することもできる。例えば、空気温度センサ（図示せず）および/または大気圧センサ（図示せず）は、エンジン 100 内に導入されている空気の密度を計算するのに使用できるセンサ信号を提供することができる。エンジンの排気量は、通常一定であり、燃焼空気の質量は、排気量と燃焼空気の密度の積に等しいので、燃焼空気の質量を計算することができる。したがって、吸気温度および圧力を使用して、エンジン制御ユニット 20 にダウンロードされている各マップセットにおける値に基づいて全制御信号を全域的に変更することができる。すなわち、マップには標準大気条件における燃料量要件を含めることができ、エンジン制御ユニット 20 によって、空気密度とエンジンサイクル毎の空気量に影響する、様々な大気圧および/または温度を補償することができる。

【0043】

本発明と関係して、「全域的 (global)」の表現は、制御マップ内の全設定点について調整を行うことを意味し、これに対して「局所的 (local)」とは、制御マップ内の 1 つの設定点または 1 群の設定点を意味する。設定点にアクセスするためにエンジン制御ユニット 20 によってモニタリングされているのに加えて、エンジン速度センサ 102 およびスロットル位置センサ 44 からのセンサ信号を、どの設定点がトリミングの基礎になるかを決定するのに使用することができる。さらに、エンジン管理システム 10 を、燃料インジェクタ 312 を含む燃料送出システム 40 と接続して使用することは、キャブレタの噴射 (jetting) と類似していると考えられることができる。すなわち、あるスロットル開度以下では、本発明による局所トリミングはスロージェットを変更することに

対応し、大きなスロットル開度における局所トリミングが、ニードルジェットを変更することに対応し、さらに大きなスロットル開度における局所トリミングがメインジェットを変更することに対応している。

【0044】

さらに、電気系電圧センサ（図示せず）で、燃料インジェクタ312内の電気機械的運動の反応時間および精度に、直接的に影響する変動を計測することができる。ギア位置およびサイドスタンド展開のセンサ（図示せず）を使用して、2輪車ライダーなどのユーザに、潜在的に有害または危険な条件を警報することが可能であり、またギアチェンジの開始を検出するセンサ（図示せず）によって、エンジン制御ユニット20に信号を送り、一時的に点火システムまたは燃料送出を切断することによってより円滑なシフトを行わせることができる。もちろんのこと、エンジン制御ユニット20は、例えば、エンジン運転者、またはエンジン100の制御に対して警告を与えることのできる、エンジン冷却液温度または油圧のセンサ（図示せず）などのその他多数のセンサに接続することができる。

10

【0045】

燃料噴射エンジンのシリンダ362に流入する燃料は、燃料インジェクタ312からだけではなく、燃料インジェクタ312からシリンダ362へと延びるいずれかの吸気路352の1つまたは複数の壁面372、吸気バルブ354の表面および吸気路352内の空気流を含む、傍系の発生源からも到来する。さらに、燃料送出が定常状態でない場合、例えば加速または減速中、または負荷を増大中または低減中のときには、これらの傍系発生源（collateral source）によって送出される燃料量が変動する。例えば、スロットルが急速に開かれると、吸気路352の圧力が上がるために吸気路352から送出される燃料が減少し、そのため加速期間中はエンジン100が希薄状態で作動する可能性がある。同様に、スロットルが急速に閉じられると、吸気路352の壁面372からの燃料の送出が増大して、それによってエンジン100が濃厚状態で作動する可能性がある。

20

【0046】

本発明は、過渡スロットル条件における必要な燃料送出を計算し、過渡的なエンジン作動中にインジェクタからの燃料流を変更することによって、傍系発生源から送出される燃料の変化を補償する。一実施形態においては、本発明は、エンジン速度およびスロットル位置を検知し、各エンジンサイクルに各シリンダ362に送出すべき、対応する燃料質量を

30

【0047】

燃料の量は、以下の例においては、サイクル当たりの送出すべき燃料質量で表す。サイクル当たりに送出する燃料質量は、エンジン速度が増大すると減少する可能性があるが、秒当たりなどの時間単位当たりの燃料送出率は、噴射の頻度が増大するために増加することに留意すべきである。しかしながら、マップ内に保留される値は、燃料量または質量とは異なる項目で表すことができる。例えば、マップ内に保存される値は、パルス幅変調システムにおいて所望量の燃料を送出するためにインジェクタを開放すべき時間としてもよい。またこの値は、例えば燃料圧、AFR、またはインジェクタ開度に対応させることもできる。

40

【0048】

エンジンが定常状態で作動しているときには、燃料装荷要求は、連続する各エンジンサイクルに対して同一である。さらに、エンジンを実験室内で様々な定常状態において運転することが可能であり、したがってエンジンをその作動範囲にわたってステップ運転することによって最適燃料送出を決定することができる。したがって、任意の定常状態作動について、送出すべき燃料質量を容易に決定して、マップに含めることができる。しかしながら、エンジンは通常、使用中に1つの作動状態から別の状態に遷移し、マップ化された定常状態燃料量は、通常、そのような過渡的作動に対しては最適化されていない。さらに、エンジンは無限に近い方法で遷移する可能性がある。遷移中には、エンジン速度および負荷は、多様な組み合わせで、別個に、あるいは一緒に変化する可能性がある。したがって

50

、遷移較正值のマッピングは、非常に時間がかかり、かつ困難である。それに対して、本発明は、エンジンの作動状態における変化を認識し、変化状態に対するそのエンジンの感度、およびそのエンジンに対する定常状態燃料較正マップまたはテーブルに反映された変化量とに基づいて燃料送出を変更することによって遷移を補償する、遷移燃料装荷較正を達成する汎用的方法を提供する。

【0049】

すなわち、本発明の方法は、現在作動状態に対するマップから定常状態燃料値を取り出すことによって開始することができる。次いで、この定常状態値を、前回定常状態値と比較して、定常状態燃料装荷要求における変化量を求める。定常状態要求における変化が発生すると、本方法は、遷移を補償するために燃料量を調整することになる。

10

【0050】

本発明の燃料送出システム40は、過渡燃料差を計算し、これはマップから決定される現在の定常状態燃料量に追加、またはそこから差し引くべき燃料量である。その決定は、例えば、マップから読み取るか、またはマップ上の値から内挿することによって達成される。その過渡燃料差は、マップのみによって送出されることになる燃料の量を変更し、遷移の発生による傍系の燃料損失または利得およびその他のエンジンの過渡ニーズを補償する。この過渡燃料差は、燃料を追加すべきときには正の値で、マップから決定される定常状態燃料量から燃料を差し引くべきときには負の値で表すことができる。さらに、定常状態燃料要求に過渡燃料差を加える前に、ノイズ閾を越えるために最小量の燃料装荷変化を必要とすることもある。このような閾値は、ノイズの多い速度信号または運転者がスロットルに加える圧力における意図しない変動によって生じるスロットル位置の変動などの影響を最小化するのに有益である。

20

【0051】

エンジン遷移を補償するために燃料量を調整する際に、本発明の方法は、燃料装荷の変化に対するエンジンの感度、燃料変更の量、その間に補償が持続すべき持続時間またはエンジンのサイクル数、および補償の減衰率を含む、多様な要因を考慮することができる。エンジン感度は、ある特定のエンジンが、遷移中にどの程度の補償を必要とするかに関係する係数とすることができ、以下に示す式中の係数「E T S F」のような乗数として表すことができる。エンジンの作動状態における変化量は、エンジンに対する定常状態燃料装荷値、エンジン負荷、エンジン速度、またはエンジンの状態を示す1つもしくは複数の他の検知もしくは計算された値における変化として表すことができる。以下に示す式では、次サイクルに必要な定常状態質量から、前サイクルで必要とした定常状態質量を差し引いた、サイクル当たりの燃料質量の定常状態変化、または「SSCM/C」を用いている。エンジン状態遷移を補償する遷移燃料装荷量を追加すべき持続時間は、例えば、時間またはエンジンサイクル数で表すことができる。この持続時間は、1サイクルまで小さくして、その結果、以下に記述するスタックの利用が必要でないようにしてもよい。ある持続時間にわたる補償は、比例および積分「PI」、または比例、積分および微分「PID」制御戦略を使用することによっても考慮することができる。レーシングエンジンを含むある種の応用においては、ほとんど全エンジンサイクルにおいて遷移が発生し、これが持続時間の決定に影響を与える可能性があることに留意すべきである。減衰とは、単一の状態変化が与える影響量の、時間経過による減少率である。減衰は、過去の遷移の影響を低減するために、各サイクルまたは単位時間毎に過渡燃料質量に適用する乗数としてもよい。

30

40

【0052】

ある実施形態においては、過渡燃料差は、RAMなどのデータ記憶機構に記憶された値のスタックの合計に等しい。スタックに記憶されている値は、制御しようとする各エンジンについて実験を介して個別に測定することができるエンジン遷移感度係数に、エンジン要求差を乗じることによって計算することができる。エンジン要求差は、次回に送出すべき定常状態燃料要求と、前回に送出すべきであった定常状態燃料要求の差に等しくすることができる。例えば、エンジン要求差は、現在スロットル位置およびエンジン速度に対するマップから求めた燃料質量から前回サイクルに送出された燃料質量を引いたものに等しく

50

することができる。次いで、その値をスタックの第 1 位置に入れることができる。特に、エンジン要求差は、各シリンダ 3 6 2 の各サイクルについて計算することができる。したがって、スタックの第 1 の位置に入れられる値は、次のように計算できる。

【 0 0 5 3 】

$$T M / C = E T S F \times S S C M / C$$

ここで、

$T M / C$ は、サイクル当たりの遷移燃料質量または過渡燃料差であり、

$E T S F$ は、エンジン遷移感度係数であり、

$S S C M / C$ は、サイクル当たりの燃料質量の定常状態変化であり、これは次サイクルに必要な定常状態質量から前サイクルに必要とした定常状態質量を引いたものに等しい。

10

【 0 0 5 4 】

次の定常状態燃料要求質量が、前回の定常状態燃料要求質量よりも少ないときには、サイクル当たりの燃料の遷移質量は、負の量となることに気付くであろう。逆に、現在の定常状態燃料要求質量が、前回の定常状態燃料要求質量よりも大きいときには、サイクル当たりの燃料の遷移質量は、正の量となる。そのようにして、傍系発生源から送出される燃料の増加および減少の両方が、計算されたサイクル当たりの遷移燃料質量によって補償される。

【 0 0 5 5 】

さらに、エンジン遷移感度係数は、線形係数ではなく、非線形関数とすることもできる。スタックは、任意のサイズでよく、例えば、エンジン作動状態に応じて、サイズを可変としてもよい。以下の実施例においては、スタックは燃料質量値のための 5 つの記憶場所を含む。スタック内の第 1 の値は、現在燃料量遷移について計算された過渡燃料量である。スタックの残りは、4 つの追加サイクルにおける過渡燃料差の減衰率を組み込むのに利用される。すなわち、第 1 のサイクルに対して、第 1 の過渡燃料差が計算されて、スタック内の第 1 の記憶領域に配置される。第 2 のサイクルに先立って、その過渡燃料量は、第 1 の記憶領域から移され、減衰率を乗じて、第 2 の記憶領域に配置される。第 3 のサイクルに対して、第 2 の記憶領域の値が移され、減衰率を乗じ、第 3 のスタック記憶領域に配置される。同様に、それぞれ第 4 および第 5 のサイクルに先立ち、第 3 の記憶領域から値が移されて、減衰され、第 4 の記憶領域に配置され、次いで、そこから移され、減衰されて、第 5 の記憶領域に配置される。次いで、第 5 の記憶領域から過渡燃料量が移されて、第 5 サイクル後は、燃料質量送出にさらなる影響を与えない。したがって、単一の燃料量遷移が、最後の遷移から少なくとも 5 サイクル発生し、その遷移から 5 サイクルの間、燃料量遷移が発生しない場合には、スタック中には非ゼロ量が 1 つだけあることになる。したがって、スタック記憶領域の総計は、単一遷移から計算される減衰燃料質量に等しくなる。次いで、スタック内の値は、合計されて、現在エンジン状態に対応する定常燃料質量に加えられて、現在サイクルに対して、例えば、エンジン 1 0 0 またはシリンダ 3 6 2 に送出すべき燃料の質量に到達する。1 つまたは複数の追加遷移が、5 つのサイクル内で発生する場合には、多数の値がスタック内に同時に存在することになる。

20

30

【 0 0 5 6 】

減衰は、線形の減衰率ではなく、非線形関数としてもよい。

40

【 0 0 5 7 】

【表 2】

Table 2

2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g
8	0	-4	0	0	0	0
0	4	0	-2	0	0	0
0	0	2	0	-1	0	0
0	0	0	1	0	-0.5	0
0	0	0	0	0.5	0	-0.25
8	4	-2	-1	-0.5	-0.5	-0.25

10

20

30

40

【0058】

表2は、シリンダ362の7つのサイクル(a~g)にわたって発生する遷移を示す。この実施例において、減衰率は、過渡燃料差をその前回値の半分に低減することになる。この実施例におけるエンジン遷移感度係数は0.5である。第1のサイクルにおいて、表2の列2aに示すように、遷移が発生し、これに対して燃料質量の定常状態変化は燃料16mgである。したがって、過渡燃料差は、16mgの0.5倍、すなわち8mgに等しい。すなわち、第1のスタック位置に8が配置される。列2bに示すように、第2サイクルにおいて遷移が発生しない場合には、過渡燃料差ゼロに対応して第1のスタック位置にゼロが配置され、第2のスタック位置に半分に減衰した8に対応して4が配置される。列2cに示すように、燃料質量の定常状態変化-8mgを有する第3のサイクルにおいて、別の遷移が発生すると、過渡燃料差は燃料-8mgの0.5倍、すなわち-4mgに等しい。したがって、第1のスタック位置に-4が配置され、第2のスタック位置に0が配置され、かつ第3のスタック位置に、第1のサイクルにおいてスタックに入り、2回減衰された8に対応して2が配置される。列2dに示すように、第4のサイクルにおいて遷移が発生しない場合には、第1のスタック位置にゼロが配置され、過渡燃料差ゼロに対応し、第2のスタック位置には第3サイクルにスタックに入り2分の1に減衰した-4に対応して-2が配置されて、第3のスタックには0が配置され、かつ第4のスタック位置には第1のサイクルでスタックに入り3度減衰した8に対応して1が配置される。列2eに示すように、第5のサイクルにおいて遷移が発生しない場合には、第1のスタック位置にゼロの過渡燃料差に対応してゼロが配置され、第2の位置に、減衰された最後のサイクルに第1の位置に対応してゼロが配置され、第3のスタック位置には、第3のサイクルにスタックに入り、2度減衰した-4に対応して-1が配置され、第4のスタック位置に0が配置され、第5のスタック位置には、第1のサイクルにスタックに入り、4度減衰した8に対応して0.5が配置される。5番目のサイクル後は、減衰した8mg過渡燃料差は、スタックから除去されて、シリンダ362に送出される燃料質量にさらなる影響を与えることがない。

【0059】

列2fに示すように、第6番目のサイクル中に遷移が発生しない場合には、第1から第3のスタック位置にまでゼロが配置され、第4の位置に、第3のサイクルでスタックに入り3回減衰した-4に対応して-0.5が配置され、第5のスタック位置には0が配置される。列2gに示すように、第7サイクルにおいてやはり遷移が発生しない場合には、第1から第4のスタック位置までゼロが配置され、第5の位置には、第3サイクルでスタックに入り4度減衰した-4に対応して-0.25が配置される。その後、第3サイクルからの過渡燃料差は、送出される燃料の量にはさらに影響を及ぼさなくなる。

【0060】

50

上記の第1サイクル以前の4サイクルにおいて遷移が発生しなかったと仮定すると、スタックの合計は、第1サイクルに対して $8 + 0 + 0 + 0 + 0$ 、すなわち8 mgとなり、したがって、マップから読み取られる定常状態燃料質量に加えて、過渡燃料差によって、追加の8 mgの燃料が供給されることになる。第2サイクルにおいては、定常状態燃料質量に加えて、 $0 + 4 + 0 + 0 + 0$ 、すなわち4 mgの燃料が供給されることになる。第3サイクルにおいては、 $-4 + 0 + 2 + 0 + 0$ 、すなわち-2 mgの燃料が過渡燃料要求を補償するために追加されることになる。第4サイクルにおいては、定常状態燃料質量に加えて、 $0 + -2 + 0 + 1 + 0$ 、すなわち-1 mgの燃料が供給されることになる。第5サイクルにおいては、定常状態燃料質量に加えて、 $0 + 0 + -1 + 0 + 0.5$ 、すなわち-0.5 mgの燃料が過渡燃料要求を補償するために追加されることになる。第6サイクルにおいては、 $0 + 0 + 0 + -0.5 + 0$ 、すなわち-0.5 mgの燃料が追加され、第7サイクルにおいては、 $0 + 0 + 0 + 0 + -0.25$ 、すなわち-0.25 mgの燃料が、過渡燃料要求を補償するために追加されることになる。

10

【0061】

【表3】

Table 3

3a	3b	3c	3d	3e	3f	3g
8	0	0	0	0	0	0
0	4	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0.5	0	0
8	4	2	1	0.5	-0	-0

20

30

【0062】

別の実施形態においては、正の過渡燃料差は利用されるが、負の過渡燃料差は、送出される燃料の質量には影響を及ぼさない。その実施形態を前述の7つのサイクルに適用すると、過渡燃料差は、最初の2つのサイクルに対して同一である。したがって、表3の列3aおよび3bで示すように、第1サイクルにおいて、過渡燃料差は、燃料 $8 + 0 + 0 + 0 + 0$ 、すなわち8 mgであり、第2サイクルにおいては、燃料 $0 + 4 + 0 + 0 + 0$ 、すなわち4 mgである。列3cに示すように、第3サイクルにおいては、低下したエンジン作動状態への燃料量遷移を使用して供給すべき燃料の質量を修正することはせず、したがって、 $0 + 0 + 2 + 0 + 0$ 、すなわち2 mgの燃料が、過渡燃料要求を補償するために追加されることになる。列3dに示すように、第4サイクルにおいて、 $0 + 0 + 0 + 1 + 0$ 、すなわち1 mgの燃料が、定常状態燃料質量に加えて供給されることになる。列3eに示すように、第5サイクルでは、 $0 + 0 + 0 + 0 + 0.5$ 、すなわち0.5 mgの燃料が、遷移燃料要求を補償するために加えられ、列3fおよび3gにそれぞれ示すように、第6および第7サイクルにおいては、遷移燃料要求を補償するために0 mgの燃料が追加されることになる。

40

【0063】

本発明の別の実施形態においては、燃料の低減を必要とする遷移に対するエンジン遷移感度係数および減衰率がそうであるよりも、燃料の追加を必要とする遷移に対するエンジン遷移感度係数および減衰率は、個別に設定することのできる独立のパラメータである。さらに、燃料の低減を必要とする負の遷移が、燃料の追加を必要とする1つまたは複数の正

50

の遷移が続くときには、正の遷移からスタックに残るすべての値がゼロにされる。同様に、燃料の追加を必要とする正の遷移が、燃料の低減を必要とする1つまたは複数の負の遷移が続くときには、負の遷移からスタックに残るすべての値がゼロにされる。したがって、例えば、減速においては、正の遷移は消去され、それによって所望の減速の程度を低減する早い段階での正の遷移が発生することなく、エンジンが望みどおりに減速することができる。

【0064】

さらに、ヒステレシスバンドのような範囲を、ゼロ遷移燃料要求の回りに設定することができる。そのヒステレシスバンドは、例えば、エンジン作動状態におけるノイズの多い信号または小さな変動による前回サイクルからの燃料要求における小さな遷移、または過渡燃料をゼロ化する意図のない運転者の入力の影響を除去するのに利用することができる。その範囲で発生する遷移は、前回サイクルからのスタック内に残る値を、ゼロ化しないため、反対方向に小さな遷移が生じたときには、過渡燃料装荷は影響力を有したままである。さらに、ヒステレシスバンド内で発生する遷移は、その間にその遷移が発生するサイクルに対して、スタック内のゼロの配置をトリガすることができる。代替選択肢としては、最近の遷移と同一方向にある、ヒステレシスバンド内に入る遷移のみが、非ゼロ値をトリガして、適用可能なサイクルのスタック内に含める。

【0065】

【表4】

Table 4

4a	4b	4c	4d	4e	4f	4g
0	0	-2	0	0	0	0
2	0	0	-1	0	0	0
0	1	0	0	-0.5	0	0
0	0	0	0	0	-0.25	0
0	0	0	0	0	0	-0.13
2.0	1.0	-2.0	-1.0	-0.5	-0.25	-0.13

【0066】

表4は本発明の実施例を示し、正の定常状態燃料変化に対してエンジン遷移感度係数は0.5であり、負の定常状態燃料変化に対するエンジン遷移感度係数は0.2である。表4に示す実施例において、減衰率は正および負の遷移の両方に対して0.5であり、正および負の定常状態遷移が交互に発生するときに、ゼロ化が実施される。さらに、 -2 mg から $+2\text{ mg}$ までのヒステレシスバンドが適用され、その結果、 -2 mg 以上であり、かつスタックに残余を有する正の遷移に続く、定常状態要求におけるいかなる変化も、スタックからの正の遷移をゼロにせず、また 2 mg 以下であり、かつスタックに残余を有する負の遷移に続く、定常状態要求におけるいかなる変化も、スタックからの負の遷移をゼロにしない。この実施例におけるヒステレシスバンド内のすべての遷移は、さらに、そのサイクルのスタックにおけるゼロの配置をトリガする。表4に示す実施例では、遷移が発生するサイクルから5シリンダサイクルの間、過渡燃料差が減衰することができ、次いで、5番目のサイクルの後は、遷移のすべての残余を廃棄する。したがって、例えば、正の遷移が最後の5サイクルで発生し、 -2 mg 以上の負の遷移が発生するとき、スタック内の正の遷移残余がスタックに残留し、小さな負の遷移が発生したサイクルに対応してスタック内にゼロ値が配置されることになる。

【 0 0 6 7 】

図 4 の列 4 a に示す第 1 サイクルにおいては、遷移が発生しないが、前サイクルにおいて発生した正の遷移からの残余が、第 2 のスタック位置に存在する。表 4 の列 4 b に示す第 2 のサイクルにおいて、 -1 mg の負の遷移が発生する。その遷移は、ヒステレシスバンド内に入り、そのサイクルのスタック内にゼロの挿入を開始する一方で、正の遷移からの正の残余がスタック内に残留することを可能にする。したがって、第 2 サイクルのスタックの、第 1 のメモリ領域にゼロが配置される。正の遷移は、スタックの第 2 メモリ領域内の値に、 0.5 の減衰率を乗じ、かつスタックの第 3 のメモリ領域に 1.0 を配置することによって減衰する。スタックの他のすべてのメモリ領域は、これらのサイクル中に遷移がないことに対応して、ゼロで埋められる。

10

【 0 0 6 8 】

表 4 の列 4 c に示す第 3 のサイクルにおいて、 -10 mg の負の定常状態遷移が発生する。したがって、 -10 に 0.2 の負の遷移係数を乗じて、第 1 のスタック位置に配置される -2 の値が得られる。第 2 サイクルで発生した遷移からのゼロ値は、第 2 のスタック位置まで持ち越される。第 3 のスタック位置は、第 1 サイクル中での遷移がないことに対応して、ゼロに設定される。第 4 のスタック位置も、現在の負の遷移が、ヒステレシスバンド外にあるために、ゼロにされ、これによって正の遷移がゼロとなる。第 5 のスタック位置も、対応するサイクル中に発生する遷移がないことに対応して、ゼロにされる。表 4 の列 4 d ~ 4 g に示す第 4 から第 7 サイクルにおいて、追加の遷移は発生せず、第 2 および第 3 のサイクル中に入った値が、スタック中で減衰するのが示されている。

20

【 0 0 6 9 】

本発明の様々な実施形態において、スタックの合計によって、多重遷移が適切に説明される。1 より小さな減衰乗数が式に適用されるときには、そのような減衰係数を使用する最も早い遷移が、後の遷移よりもより大きく減衰し、その結果、より最近の遷移が、送出される燃料質量に、より大きな影響を与える。したがって、適当な減衰係数が適用される場合には、スタックは、各遷移の時間的な近接も適切に説明する。

【 0 0 7 0 】

図 4 は、車両の運転者またはライダーが、遷移燃料装荷を含む、エンジン作動特性を調整または「トリミング」できるシステムを示す。図示された実施形態は、車両の 1 つまたは複数のハンドルバーに装着するための、ライダートリムシステム 400 を構成する入力および出力デバイスのグルーピングを示す。運転者は、インジケータを介して車両性能に関する情報が提供されて、入力デバイスを介して作動を修正することができる。入力デバイスは、ポテンショメータなどのアナログデバイスであっても、スイッチ、ボタン、または汎用接点式デバイスなどのバイナリデバイスであってもよい。

30

【 0 0 7 1 】

図 4 に示すライダートリムシステムは、キルスイッチ 402、マップ選択スイッチ 404、トリムアップスイッチ 406、トリムダウンスイッチ 408、システム出力インジケータ 410、診断インジケータ 412、エンジン温度インジケータ 414、遷移トリム許可/禁止インジケータ 415、第 1 マップインジケータ 416、第 2 マップインジケータ 418、第 3 マップインジケータ 420、ディスプレイ 422、およびトリムディフィート (trim defeat) スwitch 426 を含む。これらのスイッチは 2 重機能を有してもよく、それによって、あるスイッチを選択的に起動して、マップ、設定点、および遷移作動をトリミングすることができる。しかしながら、本明細書においては、スイッチは、遷移燃料装荷のトリミングと関係してのみ記述する。

40

【 0 0 7 2 】

キルスイッチ 402 は、起動されるとエンジン作動を停止するものであり、一般的に運転者始動式の緊急遮断システムとしてのためのものである。マップ選択スイッチ 404 を操作することによって、組み合わせマップを交互に起動して、エンジン 100 の性能を変化させることができる。さらに、各マップが遷移作動パラメータを含むことができるので、選択されたマップのパラメータのみが、トリムアップおよびトリムダウンスイッチ 406

50

、408によって調整される。

【0073】

トリムアップおよびトリムダウンスイッチ406、408は、トリム定義設定によって割り当てることによって、任意のエンジン作動特性をトリミングすることができる。これらのエンジン作動特性には、遷移制御パラメータを個別に、または組み合わせて含めることができる。そのような遷移制御パラメータには、例えば、正のエンジン遷移感度係数、負のエンジン遷移感度係数、正の減衰率、負の減衰率、正の遷移が燃料装荷に影響を与える持続時間、および負の遷移が燃料装荷に影響を与える持続時間が含まれる。さらに、エンジン100が作動していないときに、エンジントリミングが可能である一方、エンジン100が作動している間に、エンジントリミングを特に有利な方法で実施することもできる 10

【0074】

ある実施形態においては、トリムアップおよびトリムダウンスイッチ406、408は、正および負のエンジン遷移感度の両方を同時に調整するように定義されている。このアプローチは、非常に簡便ではあるが、強力な遷移較正ツールを提供する。例えば、トリム係数1が最初に設定されている場合、トリムアップスイッチ406を1度押すことによって、トリム係数を1.2に増加させることができる。その後、トリムアップスイッチ406を押す度に、過渡燃料差は、過渡燃料トリム定義に設定されている限界までは、0.2ずつ増加する。同様に、トリムダウンスイッチ408を押す度に、過渡燃料差は、遷移燃料トリム定義に設定された限界設定またはゼロに到達するまで、0.2ずつ減少する。計算された過渡燃料差も、最小をゼロに限定することができる。トリムアップスイッチ406が、例えば、1度押され、過渡燃料差が2.5mgのとき、エンジンに送出される過渡燃料の量は、2.5mgの1.2倍、すなわち3mgとなる。同様に、トリムアップスイッチ406が、1度押され、過渡燃料差が-2.5mgであるとき、エンジンに送出された遷移燃料の量は、-2.5mgの1.2倍、すなわち-3mgである。この実施例においてトリムダウンスイッチ408が1度押され、過渡燃料差が2.5mgのとき、エンジンに送出される過渡燃料の量は、2.5mgの0.8倍、すなわち2mgとなる。同様に、トリムダウンスイッチ408が1度押され、過渡燃料差が-2.5mgであると、エンジンに送出される遷移燃料の量は、-2.5mgの0.8倍、すなわち-2mgとなる。トリムディフューズスイッチ426によって、運転者は、トリムスイッチ404、406および408を使用して生成される1つまたは複数の設定と、1つまたは複数のトリミングされていない元の設定とを、交替させることが可能となる。すなわち、トリムディフューズスイッチは、A-B-Aスイッチとして作動して、スイッチの各操作によって、トリミングされた設定と元の設定との交替、および再復帰を可能にする。 20 30

【0075】

ディスプレイ光410、412、414、415、416および418が発光することによって、運転者にあるエンジン条件を示し、ディスプレイ422は、運転者に関連する情報を表示するのに利用される。第1のマッピングケータ416が発光することによって、第1の事前設定された定常状態マップが、マップ選択スイッチ404によって選択されていることを指示することができる。同様に、第2のマッピングケータ416が発光することによって、第2の事前設定された定常状態マップが、マップ選択スイッチ404によって選択されていることを指示し、第3のマッピングケータ416が発光することによって第3の事前設定された定常状態マップが、マップ選択スイッチ404によって選択されていることを指示することができる。遷移トリム許可/禁止インジケータ415は、トリムディフューズスイッチ426の操作によって、トリミングに使用が許可されているときに発光し、トリミングの使用が禁止されているときに暗くなるようにすることができる。 40

【0076】

したがって、本エンジン管理システム10は、エンジンがその意図する環境において作動している間に実施することのできる調整によってエンジン性能を較正すること、およびエ 50

ンジン１００の作動状態の遷移を補償するために、送出される燃料量の調整を可能にすることを含む、多くの利点を提供する。

【００７７】

本エンジン管理システム１０のこれらの実施形態は、内燃エンジン駆動オフロード車両、舟艇、および飛行機用に提供することができ、したがって自動車、トラック、２輪車、全地形車両、スノーモービル、ボート、個人用舟艇、および航空機を含む。

【００７８】

上記の実施形態は、エンジン管理システム１０をトリミングし、それによって多数の利点を達成する、本発明の装置および方法の実施例である。

これらの利点には、エンジンが意図する環境において連続作動中に、エンジン作動を較正することを可能にし、エンジン作動状態が変化するとき、例えばエンジン１００が加速中または減速中に、エンジン１００の作動を改善することが含まれる。例えば、加速中の希薄燃焼を防止することによって、レースエンジンの性能を改善することができる。さらに、特定のエンジン性能のユーザ定義範囲において、エンジン性能を改善することができる。

10

【００７９】

本発明を特定の実施形態を参照して開示したが、添付の請求の範囲に定義する、本発明の範囲から逸脱することなく、記述した実施形態に、多数の修正、改変および変更を加えることが可能である。したがって、本発明は記述した実施形態に限定されるものではなく、添付の請求項の言葉で定義される全範囲、およびその等価物を有するものである。

20

【図面の簡単な説明】

【００８０】

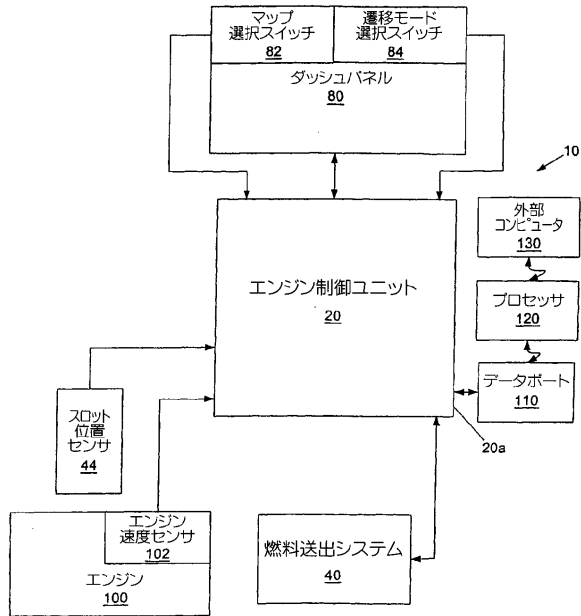
【図１】エンジン作動を較正するためのシステムの一実施形態を示す概略図である。

【図２】燃料送出システムの一実施形態を示す概略図である。

【図３】４ストロークエンジンのシリンダの一実施形態を示す横断面図である。

【図４】車両の運転者がエンジン作動特性をトリミングすることができるシステムの一実施形態を示す図である。

【図 1】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
30 January 2003 (30.01.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/008788 A2

(51) International Patent Classification: F02D 41/00

(21) International Application Number: PCT/US02/22643

(22) International Filing Date: 17 July 2002 (17.07.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
09/909,679 20 July 2001 (20.07.2001) US(71) Applicant: OPTIMUM POWER TECHNOLOGY, L.P.
[US/US], 3117 Washington Pike, Bridgeville, PA 15017-1496 (US).

(72) Inventor: CHATFIELD, Glen, F., P.O. Box 88, 416 Sky Oak Drive, Bradfordwoods, PA 15015 (US).

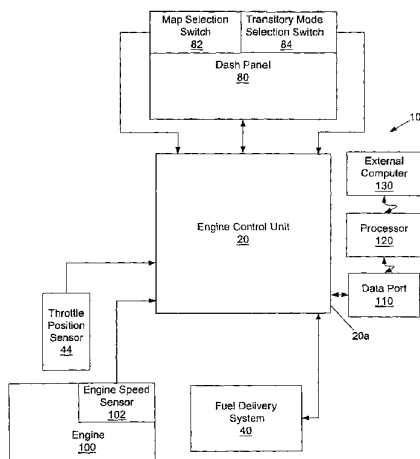
(74) Agent: THE LAW OFFICE OF RICHARD, W., James; Richard W. James, Esq., 25 Churchill Road, Churchill, PA 15235 (US).

(81) Designated States (national): AT, AG, AL, AM, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GI, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KL, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK,

[Continued on next page]

(54) Title: AN ENGINE FUEL DELIVERY MANAGEMENT SYSTEM



(57) Abstract: An apparatus and method for adjusting a quantity of fuel delivered to an engine when an engine operating state transitions is provided. The apparatus and method includes determining a current steady-state quantity of fuel to be delivered to the engine and add a transitory quantity of fuel, based on a difference between a previous steady-state quantity of fuel delivered and the current steady-state quantity of fuel to be delivered, to the current steady-state quantity of fuel for a period of time following initiation of the transition. The invention also provides an apparatus and method by which an operator may adjust the amount of fuel delivered during an engine operating state transition.

WO 03/008788 A2

WO 03/008788 A2 

TR), OAPI patent (BI, BJ, CI, CG, CL, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NI, SN, TD, TG).

Published:

— without international search report and to be republished upon receipt of that report

Declarations under Rule 4.17:

— as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii)) for all designations
as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

WO 03/008788

PCT/US02/22643

AN ENGINE FUEL DELIVERY MANAGEMENT SYSTEM**Cross-Reference to Related Applications**

The present application is a continuation-in-part of U.S. Patent Application No. 09/784,336, filed February 16, 2001, which is currently pending
5 and assigned to the assignee of the present invention. The entirety of this earlier filed co-pending patent application is hereby expressly incorporated herein by reference.

Field of the Invention

The present invention is directed to an engine fuel delivery management
10 system for an internal combustion engine. In particular, this invention is directed to a system and method that compensates for a change in engine operating state by altering an amount of an operating parameter, such as quantity of fuel to be delivered.

Background of the Invention

15 It is believed that the performance of an internal combustion engine is dependent on a number of factors including the operating cycle (e.g., two-stroke having 360 degrees of crankshaft rotation per cycle, four-stroke having 720 degrees of crankshaft rotation per cycle, or Wankel), the fuel type (e.g., gasoline or diesel) the number and design of combustion chambers, the
20 selection and control of ignition and fuel delivery systems, and the ambient conditions in which the engine operates.

Examples of design choices for a combustion chamber are believed to include choosing a compression ratio and choosing the numbers of intake and exhaust valves associated with each chamber. In general, it is believed that
25 these choices cannot be changed so as to calibrate engine operation after the engine has been built.

WO 03/008788

PCT/US02/22643

With regard to ignition systems, breaker point systems and electronic ignition systems are known. It is believed that these known systems provide spark timing based on an operating characteristic of the engine, e.g., speed of rotation and load. In the case of breaker point systems, it is believed that
5 engine speed is frequently detected mechanically using centrifugally displaced weights, and that intake manifold pressure or exhaust manifold pressure is commonly used to detect engine load. In the case of electronic ignition systems, it is believed that engine speed is generally detected with an angular motion sensor associated with rotation of the crankshaft, and that engine load
10 is frequently detected, for example, by the output of a throttle position sensor, intake manifold pressure or mass airflow sensor. In each case, spark timing is typically fixed for a given steady operating state of the engine.

With regard to fuel delivery systems, carburetors and fuel injection systems are known. It is believed that those known systems supply a quantity
15 of fuel, e.g., gasoline and air, in accordance with the position of the throttle as set by the operator. In the case of carburetors, it is believed that fuel is delivered by a system of orifices, known as "jets." As examples of carburetor operation, it is believed that an idle jet may supply fuel downstream of a throttle valve at engine idling speeds, and that fuel delivery may be boosted by an
20 accelerator pump to facilitate rapid increases in engine load. It is believed that most carburetors must be disassembled and different size jets or pumps installed to modify the amount of fuel delivery at a particular engine load. However, that is a laborious process that, it is believed, most often, can only be done while the engine is not running.

25 It is believed that known fuel injection systems, which can be operated electronically, spray a precisely metered amount of fuel into the intake system or directly into the combustion cylinder. The fuel quantity is believed to be determined by a controller based on the state of the engine and a data table

WO 03/008788

PCT/US02/22643

known as a "map" or "look-up table." It is believed that the map includes a collection of possible values or "setpoints" for each of at least one independent variable (i.e., a characteristic of the state of the engine), which can be measured by a sensor connected to the controller, and a collection of
5 corresponding control values, for a dependent variable control function, e.g., fuel quantity.

Conventionally, it is believed that maps are developed by the engine manufacturer and permanently set in an engine control unit at the factory. Currently, for on-road vehicles, this is believed to be legally required in order to
10 meet emissions regulations. However, it is believed that even when it is not legally required, the manufacturers prevent engine operators from modifying the maps for a variety of reasons, such as the manufacturers believe that their maps provide the best engine performance, the manufacturers are concerned that an engine operator might damage the engine by specifying inappropriate
15 control values, or the manufacturers assume that an engine operator might not have sufficient skill to properly modify a map. However, it is believed that the manufacturers have "optimized" their maps to perform best under a set of conditions that they specify. In certain cases, however, it is believed that those conditions do not match the conditions in which the engine is operated.
20 Consequently, stock maps sometimes limit, rather than optimize, an engine's performance.

Conventional maps, furthermore, are typically created to provide fuel delivery and ignition timing suitable for the engine when operating at a steady-state. Thus, map values may not be appropriate for an engine operating in
25 transition such as, for example, an accelerating or decelerating engine.

Further, engine performance is believed to be substantially dependent on how combustion is accomplished in the ambient conditions. The

WO 03/008788

PCT/US02/22643

stoichiometric mass fraction ratio of air to gasoline is approximately 14.7:1. However, it is believed that ratios from about 10:1 to about 20:1 will combust, and that it is often desirable to adjust the air-fuel ratio ("AFR") to achieve specific engine performance (e.g., a certain level of power output, better fuel economy, or reduced emissions). Properly calibrating the fuel delivery system of an engine to deliver the optimum AFR under all operating conditions is one of the most important goals of a calibration effort. It is also frequently the most time consuming, difficult, and costly part of the calibration effort. Similarly, it is also believed to be desirable to adjust ignition timing, commonly measured in degrees of crank rotation before a piston reaches top-dead-center of the compression stroke, to achieve specific engine performance (e.g., lowest fuel consumption or reduced emissions).

It is believed to be a disadvantage of known ignition timing systems and fuel delivery systems that engine operation is constrained by the fixed controls established by the suppliers of these systems. It is also believed that a simple, effective system and method for varying fuel delivery during engine operating state transitions is needed. Thus, there is believed to be a need to overcome the disadvantages of known fuel delivery systems.

Summary of the Invention

The present invention is directed to a system, method and apparatus for adjusting a quantity of fuel delivered to an engine when an engine operating state transitions. In accordance with one form of the present invention, there is provided such a method that includes determining from a data table a current steady-state quantity of fuel to be delivered to the engine under a steady-state condition and adding a transitory quantity of fuel to the current steady-state quantity of fuel. The transitory quantity of fuel is based on a difference between a previous steady-state quantity of fuel delivered and the current steady-state quantity of fuel to be delivered. The steady-state quantity of fuel

WO 03/008788

PCT/US02/22643

is a quantity of fuel delivered or to be delivered to an engine when the engine is operating at any steady-state. The data table from which the steady-state quantity of fuel is determined may be a two-dimensional map utilizing engine load and engine speed to determine steady-state fuel quantity. The steady-state quantity determined may be the closest value on the map corresponding to an engine operating state that is retrieved and used as the required steady-state fuel mass required. Alternately, the steady-state value may be interpolated from multiple values on the map. For example, when interpolation is used the steady-state value may be interpolated from the two speed values closest to the current engine operating state and the two load values closest to the current engine operating state. A transition occurs when an engine shifts from one operating state to another. A transition may, therefore, correspond to any movement from any one position to any other position on a map. Compensation for transitions resulting in both positive and negative transitory fuel quantities may be implemented and different weights may be placed on positive and negative transitory fuel quantities.

The present invention is also directed to an engine transitional fuel control apparatus and method of operating that apparatus. The engine transitional fuel control apparatus includes a processor, a fuel supply device; and a fuel supply actuator. The processor has an output and a memory, whereby the memory contains a fuel delivery table and instructions. When executed by the processor, the instructions cause the processor to determine a steady-state amount of fuel to be delivered, add a transitory quantity of fuel to the steady-state amount of fuel to be delivered for a period of time following initiation of the transition, and apply a signal corresponding to that total amount of fuel to the output. The steady-state amount of fuel to be delivered is determined by reference to the fuel delivery table and the transitory quantity of fuel is based on a difference between a previously determined steady-state

WO 03/008788

PCT/US02/22643

quantity of fuel and the current steady-state amount of fuel to be delivered.
The fuel supply actuator is coupled to the output of the processor and operably coupled to the fuel supply device to control fuel flow therethrough.

- The present invention provides a number of advantages including the
- 5 ability for fuel delivery to be adjusted electronically without need for component removal or system disassembly. Another advantage is the ability of the present invention to electronically adjust fuel delivery, including specifically transitory fuel quantity, while the engine is running. Yet another advantage is that fuel supply to an engine can be controlled by way of a program that
- 10 compensates for changes in engine operating state. Another advantage is that fuel supply to an engine can be controlled by way of a program that compensates for desired changes in engine operation.

- Accordingly, the present invention provides solutions to the shortcomings of prior engine control systems and methods. Those of ordinary
- 15 skill in the art will readily appreciate, therefore, that those and other details, features, and advantages of the present invention will become further apparent in the following detailed description of the preferred embodiments of the invention.

Brief Description of the Drawings

- 20 The accompanying drawings, which are incorporated herein and constitute part of this specification, include one or more embodiments of the invention, and together with a general description given above and a detailed description given below, serve to disclose principles of the invention in accordance with a best mode contemplated for carrying out the invention.

- 25 Figure 1 is a schematic illustration of an embodiment of a system for calibrating engine operation;

WO 03/008788

PCT/US02/22643

Figure 2 is a schematic illustration of an embodiment of a fuel delivery system;

Figure 3 is a cross-sectional view of an embodiment of a cylinder in a four-stroke engine; and

- 5 Figure 4 illustrates an embodiment of a system by which a vehicle operator may trim engine operating characteristics.

Detailed Description of the Invention

Reference will now be made in detail to the preferred embodiments of the present invention, examples of which are illustrated in the accompanying
10 drawings. It is to be understood that the Figures and descriptions of the present invention included herein illustrate and describe elements that are of particular relevance to the present invention, while eliminating, for purposes of clarity, other elements found in typical engines and engine control systems.

As they are used in connection with the present invention, the
15 expressions "trim" or "trimming," "group," "trim definition," and "map set" have specific meanings. The expressions "trim" and "trimming" refer to changing the value of one or more map setpoints or transient operating parameters. The value of this change, which can be positive or negative, can be a function of the original value or a selected increment. The expression "group" refers to an
20 aggregation or parcel of setpoints or transient operating parameters that are acted upon in unison by a trimming action. A group can be defined by a "trim definition." For example, a trim definition can parcel out an engine control map so as to create a group of setpoints that lie within one or more selected ranges of one or more independent variables, e.g., sensed engine operating
25 characteristics. The expression "map set" refers to a single engine control map and/or transient operating parameter or to an association of more than one

WO 03/008788

PCT/US02/22643

related engine control map or transient operating parameter. For example, a map set can consist solely of a fuel delivery map. Alternatively, a map set might comprise an ignition timing map, a fuel delivery map, and increasing and decreasing fuel transient operating parameters.

5 It is also noted that any reference in the specification to "one embodiment" or "an embodiment" means that a particular feature, structure or characteristic described in connection with the embodiment is included in at least one embodiment of the invention. The appearances of phrases such as "in one embodiment" in various places in the specification are not necessarily
10 all referring to the same embodiment.

Figure 1 illustrates an embodiment of an engine management system 10 that includes a library of engine management files in an external computer 130. Those engine management files can be made available to an engine control system via a processor 120, and can be used for calibrating engine
15 performance. The engine management system 10 includes an engine control unit 20 that is coupled (e.g., via wires, fiber, wirelessly, or other coupling device) to one or more input or output devices (e.g., sensors or actuators). The engine control unit 20 can include a processor 120 that uses coded instructions to act on one or more electrical input signals and to supply one or
20 more electrical output signals. According to one embodiment, wires electrically connect the engine control unit 20 with various other components, which will be described in detail below. The engine control unit 20 may have a housing 20a mounted to a vehicle chassis through which other components can be electrically grounded with respect to the vehicle chassis (not shown), e.g., a
25 motorcycle frame, in a known manner.

According to one embodiment, the engine control unit 20 can provide a single engine operating control value, i.e., for adjusting a single engine control,

WO 03/008788

PCT/US02/22643

such as fuel quantity delivery. According to another embodiment, however, the engine control unit 20 can provide a plurality of engine operating control values, i.e., for controlling a plurality of engine controls, such as fuel quantity and ignition timing.

5 Figure 2 illustrates an embodiment of a fuel delivery system 40 that may be utilized in connection with the present invention. The engine control unit 20 is electrically connected to the fuel delivery system 40 as illustrated in Figure 1. The fuel delivery system 40 depicted includes a fuel tank 302, a coarse filter 304, a fuel pump 306, a pressure regulator 308, a fine filter 310, a fuel injector 312, and a fuel line 314. The fuel tank 302 contains a fuel, such as gasoline or diesel, for delivery to and consumption by the engine 100. The fuel line 314 may be, for example, a steel or stainless steel conduit in fluid communication with the fuel tank 302 and the fuel injector 312.

15 The coarse filter 304 may be located along the fuel line 314 to remove large contaminants from the fuel as the fuel travels from the fuel tank 302 to the fuel pump 306. The fuel pump 306 may also be located in the fuel line 314 between the fuel tank 302 and fuel injectors 312. The fuel pump 306 may alternately be placed elsewhere, such as in the fuel tank 302. The fuel pump 306 typically creates a pressure differential in the fuel line 314 between a pump inlet 316 and a pump outlet 318, thus transporting fuel from the fuel tank 302 through the fuel line 314 and in-line components and, ultimately, through the fuel injector 312. The fuel pump 306 can be electrically interconnected with the engine control unit 20, and may be, for example, a positive displacement type pump or a dynamic type pump.

25 The pressure regulator 308 measures differential pressure in the fuel line 314 and may be piped in fluid communication with the fuel tank 302 and the pump outlet 318. The pressure regulator 308 may control operation of the

WO 03/008788

PCT/US02/22643

fuel pump 306 to maintain the pressure differential at a desired level. The pressure regulator 308, in one embodiment, relieves excess pressure by returning a portion of the high-pressure fuel stream to the fuel tank 302. The pressure regulator 308 may alternately or in addition be interconnected with the engine control unit 20, providing an input signal to the engine control unit 20, such that the engine control unit 20 may control operation of the fuel pump 306 to maintain a desired fuel differential pressure. The fine filter 310 may be located in the fuel line 314 between the fuel pump 306 and the fuel injector 312 to remove small particles of contaminants remaining in the fuel which might otherwise become lodged in the fuel injector 312. The fuel injector 312 atomizes the fuel and sprays the fuel toward one or more cylinders 362 as required. The fuel injector 312 can be oriented so as to spray a precisely metered amount of fuel toward, for example, an intake port in a two-stroke engine or an inlet tract 352 in a four-stroke engine. In the case of four-stroke engine designs having a plurality of intake valves, each of the fuel injectors 312 can be oriented so as to spray fuel into an inlet tract 352 for a single valve as illustrated in Figure 3 or a fuel injector 312 may provide fuel to multiple intake valves.

Figure 3 illustrates an embodiment of a cylinder of a four-stroke engine 350 that may be utilized in connection with the present invention. It will be recognized that other cylinder configurations may be utilized with the present invention including, for example, two-stroke engines and configurations in which a fuel injector 312 supplies fuel to either one or multiple cylinders 362. The embodiment of Figure 3 includes a fuel injector 312, an inlet tract 352, an inlet valve 354, a spark plug 356, an exhaust valve 358, an exhaust tract 360, the cylinder 362, and a piston 364 attached to a crankshaft (not shown) via a connecting-rod 366 and a bearing 368.

WO 03/008788

PCT/US02/22643

Pressurized fuel from the fuel line 314 illustrated in Figure 2 is sprayed through a nozzle 370 of the fuel injector 312 when a valve, such as an electrically operated solenoid valve (not shown), is opened permitting fuel to flow through the fuel injector 312. That valve may be an electrically operated solenoid valve that is actuated through an output of the engine control unit 20. Control of such a solenoid valve is usually performed by pulse width modulation such that a longer opening duration will provide more fuel into the cylinder or cylinders 362 supplied by the fuel injector 312. A butterfly valve may be positioned to permit airflow into the inlet tract 352 of one or more cylinders 362. The butterfly valve may be pivotal about an axis between a first position preventing airflow into the inlet tract 352 and a second position permitting airflow into the inlet tract 352. An actuator cam (not shown) may be connected to the butterfly valve for pivoting the butterfly valve against the bias of a return spring, e.g., a torsion spring, from the first position to the second position. The actuator cam can be connected, via a throttle cable (not shown), to an operator controlled throttle control element (not shown). Alternately, the actuator cam may be controlled by an output of the engine management system 10 and the throttle control element may serve only as an input to the engine management system 10. A throttle position sensor 44, as illustrated in Figure 1, may, for example, be connected to the butterfly valve for measuring the angular position of the butterfly valve as it is pivoted about the axis, and/or may be connected to a throttle control element for input to the engine management system 10.

Fuel is typically permitted to flow through the inlet valve 354 to the cylinder or multiple cylinders 362. The inlet valve 354 then closes and the fuel is ignited by the spark plug 356, thereby driving the piston 364 away from the inlet valve 354 and outlet valve 358. The exhaust valve 358 opens as the piston 364 moves back toward the inlet valve 354 and exhaust valve 358,

WO 03/008788

PCT/US02/22643

thereby forcing exhaust gases out of the cylinder 362, through the exhaust valve 358 and away through the exhaust tract 360.

It should be noted that fuel delivered to the cylinder 362 often passes through an inlet tract 352 where the fuel may be mixed with an oxidant, such as air, drawn through the inlet tract 352. Liquid fuel may thus build-up on a wall 372 of the inlet tract 352 or on the back of the inlet valve 354. Fuel may be delivered both during the approximately one-quarter cycle of a cylinder 362 in a four-stroke engine 350 when the inlet valve 354 is in an open position and during much of the three-quarters of a cycle when the inlet valve 354 is in a closed position when the engine is under high load. Thus, substantial build-up may occur on the inlet tract walls 372 and on the intake valve 352, and in the airstream present in the inlet tract 352, particularly under such high load engine conditions. The present invention is directed, in part, to compensating for lean operation when fuel, intended to be delivered to the cylinder 362, instead remains in the inlet tract 352, or rich operation when fuel from the inlet tract 352 is provided to the engine 100 in addition to fuel provided by the fuel injector 312.

The engine control unit 20 may be electrically connected to a dash panel 80 that is described in U.S. Patent Application No. 09/784,336. As the engine management system 10 is shown in the figures, the engine control unit 20 supplies a signal controlling fuel quantity. It should be recognized, however, that additional control signals, for example controlling ignition timing, may also be provided by the engine control unit 20. In general, a map set can include different numbers of maps (i.e., one, two, or more than two), different types of maps (e.g., fuel timing, power jet actuation, or power valve actuation), or different combinations of map types (e.g., ignition timing, fuel timing, and power valve actuation).

WO 03/008788

PCT/US02/22643

Table 1 shows an example of a map that includes an arbitrarily selected number of steady-state fuel quantity setpoints. Fuel quantity setpoints typically vary from one engine to any other engine, thus optimum fuel quantity setpoints are calibrated uniquely for each engine 100. Fuel quantity setpoints also
5 generally vary for any particular engine 100 depending on the operating characteristic to be optimized, i.e., maximum power, minimum fuel consumption, emission regulations, etc.

An engine state may be defined by measuring the value of one or more operating characteristics of an engine. It is common practice in engine
10 management that engine speed and load are used to define a two-dimensional plane of engine operating states. It is also common for a controlled value such as engine fueling to be measured for a finite number of operating states. Thus, a map may include fuel values corresponding to known engine states. In a
15 two-dimensional map having a measurable characteristic corresponding to engine load as a first axis and a measurable characteristic corresponding to engine speed as a second axis, a particular engine state may be defined as the intersection of the current engine load and current engine speed on the plane of the map.

Thus, the operating state of an engine 100 may be determined in many
20 ways including measuring the speed of rotation of the engine 100 and the load on the engine 100. Engine speed is usually expressed in units of revolutions-per-minute or rpms. Engine load may be sensed by a variety of sensors including, for example, a throttle position sensor 44, a manifold vacuum sensor (not shown), or a mass airflow sensor (not shown) positioned to sense air
25 flowing into one or more cylinders 362. The present invention also contemplates utilizing air mass per cycle delivered, or to be delivered, to an engine 100 or cylinder 362 to sense engine load. Each setpoint in Table 1 corresponds to the values of two engine operating characteristics, i.e., an

WO 03/008788

PCT/US02/22643

engine speed value and an engine load value. Thus, for a given value of engine speed (e.g., as sensed by or derived from an output signal from a crankshaft angular motion sensor 102 coupled to an engine 100) and for a given value of engine load (e.g., as measured by the throttle position sensor 44), fuel quantity setpoints are assigned in a map and may be read therefrom. For example, the map illustrated in Table 1 causes the engine control unit 20 to deliver twenty-five grams of fuel per cycle at 2000 revolutions per minute (rpm), when the throttle is opened 50%. At 5000 rpm, when the throttle is fully open, the engine control unit 20 will vary fuel delivery to provide fifty grams of fuel per cycle. Thus, when either the engine load (e.g., throttle position) or engine speed changes, the fuel delivery system 40 will determine an initial, steady-state amount of fuel that is to be delivered at the new speed and load by reference to the map.

TABLE 1

Fuel Delivery (milligrams per cycle)		Engine speed (revolutions per minute)			
		1000	2000	5000	7000
Load (Percentage)	5	7	5	4	3
	25	10	21	15	10
	50	15	25	37	30
Throttle Opening)	75	15	25	44	40
	100	15	25	50	45

In general, a map will include a great number of setpoints that can be assigned for small increments of measured value for each engine operating characteristic utilized in the map. If the operating state of the engine falls in a

WO 03/008788

PCT/US02/22643

gap between specified values of the characteristics (e.g., in Table 1, there are gaps of 2000 rpm or more between the specified values for engine speed and 20% or more gaps in engine load), the engine control unit 20 can interpolate the operating control values between the two closest speed columns and two closest load rows or the equivalent thereto.

As illustrated in Figure 1, engine management data including one or more map sets can be downloaded to the engine control unit 20 from a processor 120, either via a data port 110 or by "docking" the processor 120, which may be a palm-size computer, with the fixed portion 80a of the dash panel 80. Multiple maps may be downloaded to the engine control unit 20 to control different operating parameters and/or to optimize a single operating parameter for different situations or conditions. For example, a map that optimizes normal racing conditions, a map that optimizes engine operation during acceleration from a low speed, and a map that optimizes engine operation at high speed may each be loaded into the engine control unit 20. The operator may then select any one of the three loaded maps while operating the vehicle by, for example, moving a three-position map selection switch 82 coupled to the engine control unit 20. The operator may furthermore trim certain characteristics of each map through another interface, such as a knob or trim-up and trim-down buttons, for interfacing to the engine control unit 20.

Engines 100 have two types of modes of operation, steady-state modes and unsteady-state modes, commonly called transitory or transient modes. An engine 100 operates in a steady-state mode when the engine load and speed are constant with respect to time and in a transitory mode when either the engine load or speed varies with time. In other words, an engine 100 is operating in a transitory mode anytime engine operation shifts from one state to

WO 03/008788

PCT/US02/22643

another. A transition may, therefore, correspond to a shift from any one position on a map to any other position on a map.

Maps are typically optimized for steady-state engine operation. Engines 100, however, are most often operated at varying speeds and loads. For
5 example, the engine of a racing motorcycle may be continually changing its operating state because of changing track conditions, such as hills and turns, encountered on a typical racing track. Moreover, values such as the mass of fuel supplied to an engine, optimized for steady-state operation, are typically not optimum values for transitory operation. Thus, there is a need for a method and
10 system that will optimize performance during transitions in engine operating states.

The present invention may also include an interface to the engine control unit 20 through which an operator may vary the operation of transitory fueling. For example, a three-position transitory mode selection switch 84 may
15 be coupled to the engine control unit 20. That switch may have, for example, an upper position, a center position, and a lower position. The upper position may be optimized for fastest engine response. The center position may be optimized for normal operation, which may, for example, be more comfortable for an operator or provide more stable operation of the vehicle. The lower
20 position may be optimized for operation under slippery conditions. Of course, optimization for any condition and any number of transitory modes may be possible depending on the needs of an operator and/or vehicle.

Transitory modes may, furthermore, be tied to an individual map. Thus, different transitory control modes may operate for each map contained within
25 the engine control unit 20. The engine control unit 20 may contain three fueling maps having three modes of transitory compensation that are unique to each map and the transitory mode selection switch 84 may be utilized to select

WO 03/008788

PCT/US02/22643

one of three transitory modes related to the map selected by the map selection switch 82.

The coupling between the processor 120 and either the data port 110 or the fixed portion 80a can be via wires or wireless. In addition to the operation of the engine control unit 20 described above, the engine control unit 20 can operate smart lights and perform other functions as desired.

In addition to processing downloaded data, the engine control unit 20 can also be connected to any necessary on-board sensor. For example, an air-temperature sensor (not shown) and/or barometric pressure sensor (not shown) can provide sensor signals that can in turn be used to calculate the density of the air being inducted into the engine 100. Because the displacement of an engine is typically constant and mass of combustion air is equal to the displacement times the density of the combustion air, the mass of combustion air may be calculated. Thus, inlet temperature and pressure can be used to affect global changes to all control signals based on the values in each map set that has been downloaded to the engine control unit 20. Thus, a map may include fuel mass requirements under standard atmospheric conditions and the engine control unit 20 may compensate for various atmospheric pressures and/or temperatures, which effect air density and air mass per engine cycle.

In connection with this invention, the expression "global" refers to making an adjustment with respect to every setpoint in a control map, whereas "local" refers to a setpoint or a group of setpoints in a control map. The sensor signals from the engine speed sensor 102 and throttle position sensor 44, in addition to being monitored by the engine control unit 20 for accessing setpoints, can be used to determine which setpoints are to be the basis for trimming. Using the engine management system 10 in connection with the fuel

WO 03/008788

PCT/US02/22643

delivery system 40 including fuel injectors 312 can furthermore be considered to be analogous to carburetor jetting, i.e., below a certain throttle opening, local trimming according to the present invention corresponds to changing the slow jet, local trimming at higher throttle openings corresponds to changing the needle jet, and local trimming at still higher throttle openings corresponds to changing the main jet.

Additionally, a sensor (not shown) for electrical system voltage can measure variations that directly affect the reaction time and accuracy of the electromechanical movements within the fuel injectors 312. Sensors (not shown) for gear position and side stand deployment can be used to alert a user, such as a motorcycle rider, to potentially harmful or dangerous conditions and a sensor (not shown) for detecting the initiation of a gear change can signal the engine control unit 20 to momentarily cut-off the ignition system or fuel delivery, thereby facilitating smoother shifts. Of course, the engine control unit 20 can be connected to many other sensors, e.g., sensors (not shown) for engine coolant temperature or oil pressure that can provide a warning to the engine operator or control of the engine 100.

It is believed that fuel flowing into the cylinders 362 of fuel injected engines comes not only from the fuel injectors 312 but also from collateral sources including one or more walls 372 of any inlet tract 352 extending from the fuel injector 312 to the cylinder 362, surfaces of the inlet valve 354 and the airstream in the inlet tract 352. It is furthermore believed that when fuel delivery is not at a steady-state, for example, during acceleration or deceleration, or increasing or decreasing load, the quantity of fuel delivered by those collateral sources varies. For example, when the throttle is opened quickly, fuel delivered from the inlet tract 352 may be reduced because of greater pressure in the inlet tract 352 causing the engine 100 to run lean during that period of acceleration. Similarly, when the throttle is closed quickly, the

WO 03/008788

PCT/US02/22643

delivery of fuel from the walls 372 of the inlet tract 352 may increase causing the engine 100 to run rich.

The present invention calculates necessary fuel delivery under transitory throttle conditions and compensates for changes in fuel delivered from collateral sources by varying fuel flow from the injectors during transitory engine operation. In one embodiment, the present invention senses engine speed and throttle position and reads or interpolates an associated quantity of fuel from a look-up table or map that is to be delivered to each cylinder 362 every engine cycle.

Quantity of fuel is expressed in the examples that follow, as a fuel mass per cycle to be delivered. It should be noted that fuel mass delivered per cycle may decrease as engine speed increases, however, the rate of fuel delivery per time unit such as per second will increase because of increased frequency of injection. The values retained within the map may, however, be expressed in terms other than fuel quantity or mass. For example, the value saved in the map may be an amount of time that an injector should be held open to deliver a desired quantity of fuel in, for example, a pulse width modulated system. The value may also correspond to fuel pressure, AFR, or a degree of injector opening, for example.

When an engine is operating at a steady-state, the fueling requirements are the same for each consecutive engine cycle. Engines may furthermore be operated at various steady-states in a laboratory and optimum fuel delivery may be determined by stepping the engine along its operating range. Thus, the fuel mass to be delivered for any steady-state operation may be easily determined and included in a map. Engines, however, typically transition from one operating state to another during use and the mapped steady-state fuel quantity is typically not optimized for such transitional operation. Moreover, an

WO 03/008788

PCT/US02/22643

engine may transition in a nearly infinite number of ways. During a transition, engine speed and load may change separately or together in a wide variety of combinations. Thus, mapping transitional calibration values would be very time consuming and difficult. In contrast, the present invention provides a general purpose method to accomplish transient fueling calibration that recognizes changes in the state of operation of an engine and compensates for transitions by changing fuel delivery based on the sensitivity of the engine to changing states and the amount of change reflected in a steady-state fuel calibration map or table for the engine.

Thus, the present method may begin by retrieving the steady-state fuel value from a map for the current operating state. The steady-state value may then be compared to a previous steady-state value to determine an amount of change in the steady-state fueling requirements. If a change in steady-state requirement occurs, the method will adjust the fuel quantity to compensate for the transition.

The fuel delivery system 40 of the present invention will calculate a transient fuel differential, which is an amount of fuel that should be added to or subtracted from the current steady-state amount of fuel determined from the map. That determination may be accomplished by, for example, reading from the map or interpolating from values on the map. That transient fuel differential alters the amount of fuel that would be delivered by the map only, compensating for collateral fuel loss or gain due to the transition taking place and other transitory needs of the engine. That transient fuel differential may be expressed as a positive value where fuel is to be added and a negative value when fuel is to be subtracted from the steady-state fuel quantity determined from the map. A minimum amount of fueling change may, furthermore, be required to surpass a noise threshold before adding the transient fuel differential to the steady-state fuel requirement. Such a threshold beneficially

WO 03/008788

PCT/US02/22643

minimizes the effect of such things as a noisy speed signal or variations in throttle position caused by unintentional variations in pressure applied to the throttle by an operator.

- In adjusting fuel quantity to compensate for an engine transition, the present method may consider a variety of factors including the sensitivity of the engine to fueling changes, the amount of the fuel change, duration or the number of engine cycles during which compensation should persist, and a decay rate for the compensation. Engine sensitivity may be a factor related to how much compensation a particular engine requires during transitions and may be expressed as a multiplier such as the factor "ETSF" in the equation hereinbelow. The amount of change in the operating state of an engine may be expressed in terms of a change in a steady-state fueling value for an engine, engine load, engine speed or one or more other sensed or calculated values that indicate the state of the engine. The equation included hereinbelow utilizes steady-state change in fuel mass per cycle, which is equal to the steady-state mass required for the next cycle less the steady-state mass that was required for the previous cycle, or "SSCM/C." The duration during which a transient fueling amount compensating for an engine state transition should be added may be expressed in terms of, for example, time or number of engine cycles. The duration may be as little as a single cycle such that utilizing a stack as described below is not necessary. Compensation over a duration may also be considered by use of Proportional and Integral "PI" or Proportional, Integral, and Derivative "PID" control strategies. It should be noted that in certain applications, including racing engines, transitions occur nearly every engine cycle, which may affect duration decisions. Decay is a rate of reduction of the amount of influence a single state change has as time passes. Decay may be a multiplier applied to the transitory mass of fuel each cycle or each unit of time to reduce the effect of past transitions.

In a certain embodiment, the transient fuel differential is equal to the sum of a stack of values stored in a data storage facility such as RAM. The values that are stored in the stack may be calculated by multiplying an engine transition sensitivity factor, which may be determined separately through experimentation for each engine to be controlled, by an engine requirement differential. The engine requirement differential may be equal to the difference between the steady-state fuel requirement to be delivered next and the steady-state fuel requirement that was to be delivered previously. For example, the engine requirement differential may be equal to a fuel mass determined from the map for the current throttle position and engine speed less the fuel mass delivered in the last cycle. That value may then be entered into a first position in the stack. Notably, the engine requirement differential may be calculated for each cycle of each cylinder 362. Thus, the value entered into the first position of the stack may be calculated as follows:

15 $TM/C = ETSF * SSCM/C$

Where:

TM/C is the transient mass of fuel per cycle or
transitory fuel differential;

ETSF is the engine transition sensitivity factor; and

20 SSCM/C is the steady-state change in fuel mass per
cycle, which is equal to the steady-state mass
required for the next cycle less the steady-
state mass that was required for the previous
cycle.

25 It will be recognized that, when the next steady-state mass of fuel
requirement is less than the previous steady-state mass of fuel requirement,
the transient mass of fuel per cycle will be a negative amount. Conversely,
when the current steady-state mass of fuel requirement is greater than the
previous steady-state mass of fuel requirement, the transient mass of fuel per

WO 03/008788

PCT/US02/22643

cycle will be a positive amount. In that way, compensation for both increases and decreases in fuel delivered from collateral sources is provided by the calculated transient mass of fuel per cycle.

- Furthermore, the engine transition sensitivity factor may alternately be a
5 non-linear function rather than a linear factor.

- The stack may be any size and may be variable in size depending, for example, on engine operating state. In the following example, the stack contains storage locations for five fuel mass values. The first value in the stack is the calculated transitory fuel amount for a current fuel quantity transition.
10 The remainder of the stack is utilized to factor a decay rate for the transitory fuel differential over four additional cycles. Thus, for a first cycle, a first transitory fuel differential is calculated and placed in the first storage area in the stack. Prior to the second cycle, that transitory fuel amount is removed from the first storage area, multiplied by a decay rate, and placed in the second
15 stack storage area. For the third cycle, the value in the second storage area is removed, multiplied by the decay rate, and placed in the third stack storage area. Similarly, the value is removed from the third storage area, decayed, and placed in the fourth storage area and then removed, decayed, and placed in the fifth storage area prior to the fourth and fifth cycles, respectively. That
20 transitory fuel amount is then removed from the fifth storage area and has no further effect on fuel mass delivery after the fifth cycle. Therefore, when a single fuel quantity transition occurs at least five cycles after the last transition, and no fuel quantity transitions occur for five cycles after that transition, only one non-zero amount will reside in the stack. Thus, the sum of the stack
25 storage areas will be equal to the decaying fuel mass calculated from the single transition. The values in the stack are then totaled and added to the steady-state fuel mass associated with the current engine state to arrive at a mass of fuel to be delivered to, for example, the engine 100 or a particular

WO 03/008788

PCT/US02/22643

cylinder 362 for the current cycle. Where one or more additional transitions occur within five cycles, multiple values will concurrently reside in the stack.

The decay may also be a non-linear function rather than a linear rate of decay.

5

Table 2

2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g
8	0	-4	0	0	0	0
0	4	0	-2	0	0	0
0	0	2	0	-1	0	0
0	0	0	1	0	-0.5	0
0	0	0	0	0.5	0	-0.25
8	4	-2	-1	-0.5	-0.5	-0.25

Table 2 illustrates transitions occurring over seven cycles (a-g) of a cylinder 362. In that example, the decay rate will reduce the transitory fuel differential to one half of its previous value. The engine transition sensitivity factor in this example is 0.5. In a first cycle, illustrated in column 2a of Table 2, a transition occurs for which the steady-state change in fuel mass is 16mg of fuel. Thus, the transitory fuel differential is equal to 0.5 times 16mg, or 8mg of fuel. Thus, 8 is placed in the first stack position. As illustrated in column 2b, if no transition occurs in a second cycle, a zero is placed in the first stack position to correspond to a transitory fuel differential of zero and a four is placed in the second stack position to correspond to the 8 decayed by one-half. As illustrated in column 2c, if another transition occurs in a third cycle having a steady-state change in fuel mass of -8mg, then the transitory fuel differential is equal to 0.5 times -8mg, or -4mg of fuel. Thus, a -4 is placed in

WO 03/008788

PCT/US02/22643

the first stack position, a 0 is placed in the second stack position, and a 2 is placed in the third stack position to correspond to the 8 that entered the stack in the first cycle decayed twice. As illustrated in column 2d, if no transition occurs in a fourth cycle, a zero is placed in the first stack position to

5 correspond to a transitory fuel differential of zero, a -2 is placed in the second stack position to correspond to the -4 that entered the stack on the third cycle decayed by one-half, a 0 is placed in the third stack position, and a 1 is placed in the fourth stack position to correspond to the 8 that entered the stack in the first cycle decayed three times. As illustrated in column 2e, if no transition

10 occurs in a fifth cycle, a zero is placed in the first stack position to correspond to a transitory fuel differential of zero, a zero is placed in the second position corresponding to the zero in the first position of the last cycle decayed, a -1 is placed in the third stack position to correspond to the -4 that entered the stack on the third cycle decayed twice, a 0 is placed in the fourth stack position, and

15 a 0.5 is placed in the fifth stack position to correspond to the 8 that entered the stack in the first cycle decayed four times. After the fifth cycle, the decayed 8mg transitory fuel differential will be removed from the stack and have no further effect on fuel mass to be delivered to the cylinder 362.

As illustrated in column 2f, if no transition occurs during the sixth cycle,

20 zeros are placed in the first through third stack positions, -0.5 is placed in the fourth position to correspond to the -4 that entered the stack on the third cycle decayed three times, and a 0 is placed in the fifth stack position. As illustrated in column 2g, if no transition occurs again during the seventh cycle, zeros are placed in the first through fourth stack positions and -0.25 is placed in the fifth

25 position to correspond to the -4 that entered the stack on the third cycle decayed four times. Thereafter, the transitory fuel differential from the third cycle will have no further affect on the amount of fuel delivered.

WO 03/008788

PCT/US02/22643

Assuming that no transitions occurred in the 4 cycles prior to the first cycle described above, the total of the stack would be $8 + 0 + 0 + 0 + 0$, or 8mg for the first cycle and, thus, in addition to the steady-state fuel mass read from the map, an additional 8mg of fuel would be supplied due to the transitory fuel differential. In the second cycle, $0 + 4 + 0 + 0 + 0$, or 4mg of fuel would be provided in addition to the steady-state fuel mass. In the third cycle, $-4 + 0 + 2 + 0 + 0$, or -2mg of fuel would be added to compensate for transitory fuel needs. In the fourth cycle, $0 + -2 + 0 + 1 + 0$, or -1 mg of fuel would be provided in addition to the steady-state fuel mass. In the fifth cycle, $0 + 0 + -1 + 0 + 0.5$, or -0.5mg of fuel would be added to compensate for transitory fuel needs. In the sixth cycle, $0 + 0 + 0 + -0.5 + 0$, or -0.5mg of fuel would be added and in the seventh cycle, $0 + 0 + 0 + 0 + -0.25$, or -0.25mg of fuel would be added to compensate for transitory fuel needs.

Table 3

3a	3b	3c	3d	3e	3f	3g
8	0	0	0	0	0	0
0	4	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0.5	0	0
8	4	2	1	0.5	-0	-0

In another embodiment, positive transitory fuel differentials are utilized but negative transitory fuel differentials have no affect on the mass of fuel delivered. Applying that embodiment to the seven cycles described hereinbefore, the transient fuel differential is the same for the first two cycles. Thus, as illustrated in columns 3a and 3b of Table 3, respectively, in the first

WO 03/008788

PCT/US02/22643

cycle the transient fuel differential is $8 + 0 + 0 + 0 + 0$, or 8mg and $0 + 4 + 0 + 0 + 0$, or 4mg of fuel in the second cycle. As illustrated in column 3c, in the third cycle, the fuel quantity transition to a reduced engine operation state is not utilized to modify the mass of fuel to be supplied and, thus, $0 + 0 + 2 + 0 + 0$, or 2mg of fuel would be added to compensate for transitory fuel needs. As
 5 illustrated in column 3d, in the fourth cycle, $0 + 0 + 0 + 1 + 0$, or 1 mg of fuel would be provided in addition to the steady-state fuel mass. As illustrated in column 3e, in the fifth cycle, $0 + 0 + 0 + 0 + 0.5$, or 0.5mg of fuel would be added to compensate for transitory fuel needs, and, as illustrated in columns 3f
 10 and 3g, respectively, in the sixth and seventh cycles, 0mg of fuel would be added to compensate for transitory fuel needs.

In another embodiment of the present invention, the engine transition sensitivity factor and the decay rate are separate parameters that may be set differently for transitions requiring additional fuel than are the engine transition
 15 sensitivity factor and the decay rate for transitions requiring a reduction in fuel. Moreover, when a negative transition requiring a reduction in fuel follows one or more positive transitions requiring an addition in fuel, all values remaining in the stack from positive transitions are zeroed. Similarly, when a positive
 20 transition requiring an addition in fuel follows one or more negative transitions requiring a reduction in fuel, all values remaining in the stack from negative transitions are zeroed. Thus, for example, in a deceleration, positive transients are eliminated so that the engine can decelerate as desired without earlier positive transients to reduce the degree of desired deceleration.

Furthermore, a range, such as a hysteresis band, may be set around a
 25 zero transitory fuel requirement. That hysteresis band might be utilized to eliminate the effect of a small transition in fuel requirement from a previous cycle which might be due, for example, to noisy signals or small variations in engine operation state or operator input that are not intended to zero transitory

WO 03/008788

PCT/US02/22643

- fuel. Transitions occurring in that range would not zero values remaining in the stack from previous cycles so that transitory fueling will remain in effect when small transitions occur in the opposite direction. Transitions occurring within the hysteresis band may, furthermore, trigger placement of a zero in the stack
- 5 for the cycle during which that transition occurs. Alternately, only a transition falling within the hysteresis band that is in the same direction as the most recent transition will trigger a non-zero value to be included in the stack for the applicable cycle.

Table 4

10	4a	4b	4c	4d	4e	4f	4g
	0	0	-2	0	0	0	0
	2	0	0	-1	0	0	0
	0	1	0	0	-0.5	0	0
	0	0	0	0	0	-.25	0
	0	0	0	0	0	0	-.13
	2.0	1.0	-2.0	-1.0	-0.5	-0.25	-0.13

- Table 4 illustrates an example of the present invention in which the engine transition sensitivity factor for positive steady-state fuel changes is 0.5 and the engine transition sensitivity factor for negative steady-state fuel
- 15 changes is 0.2. In the example illustrated in Table 4, the decay rate is 0.5 for both positive and negative transitions and zeroing is implemented when alternating positive and negative steady-state transitions occur. Furthermore, a hysteresis band from -2mg to +2mg is applied so that any change in steady-state requirement that is greater than or equal to -2mg and follows a positive
- 20 transition that has a remnant in the stack will not zero the positive transition from the stack and any change in steady-state requirement that is less than or

WO 03/008788

PCT/US02/22643

equal to 2mg and follows a negative transition that has a remnant in the stack will not zero the negative transition from the stack. All transitions in the hysteresis band in this example will, furthermore, trigger placement of a zero in the stack for that cycle. The example illustrated in Table 4 permits a transitory
 5 fuel differential to decay for five cylinder cycles from the cycle at which the transition occurs and then discards any remnant of a transition after the fifth cycle. Thus, for example, when a positive transition has occurred in the last five cycles, and a negative transition of greater than or equal to -2mg occurs, the positive transition remnant in the stack will remain in the stack and a zero
 10 value will be placed in the stack corresponding to the cycle in which the small negative transition occurred.

In a first cycle illustrated in column 4a of Table 4, no transition occurs, however a remnant from a positive transition that occurred in the previous cycle resides in the second stack position. In a second cycle illustrated in
 15 column 4b of Table 4, a negative transition of -1mg occurs. That transition falls within the hysteresis band and so initiates entry of a zero in the stack for that cycle while permitting the positive remainder from the positive transition to remain in the stack. Thus, a zero is placed in the first memory area of the stack for the second cycle. The positive transition is decayed by multiplying
 20 the value in the second memory area of the stack by the decay rate of 0.5 and placing a 1.0 in the third memory area of the stack. All other memory areas of the stack are filled with zeros to correspond to the lack of transitions during those cycles.

In a third cycle illustrated in column 4c of Table 4, a negative steady-
 25 state transition of -10mg occurs. Thus, -10 is multiplied by the negative transition factor of 0.2 to arrive at a value of -2 to be placed in the first stack location. The zero value from the transition that occurred in the second cycle carries into the second stack location. The third stack location is set at zero to

WO 03/008788

PCT/US02/22643

correspond to the lack of transition during the first cycle. The fourth stack location is also zeroed because the current negative transition is outside the hysteresis band, thus causing the positive transition to be zeroed. The fifth stack location is also zeroed to correspond to no transition occurring during the
5 corresponding cycle. In the fourth through seventh cycles, which are illustrated in columns 4d - 4g of Table 4, no additional transitions occur and the values that entered during the transitions of the second and third cycles are shown decaying through the stack.

In the various embodiments of the present invention, the sum of the
10 stack will appropriately account for the multiple transitions. When a decay multiplier of less than one is applied in the equation, the earliest transitions using such a decay factor will decay more than later transitions, so that more recent transitions have a greater effect on the mass of fuel delivered. Thus, the stack also appropriately accounts for the proximity in time of each transition
15 when an appropriate decay factor is applied.

Figure 4 illustrates a system by which a driver or rider of a vehicle may adjust or "trim" engine operating characteristics including transient fueling. The embodiment illustrated is a grouping of input and output devices that constitute a rider trim system 400 for attachment to one or more handlebars of a vehicle.
20 An operator is provided with information regarding vehicle performance through indicators and is able to modify operation through input devices. The input devices may be analog devices such as potentiometers or binary devices such as switches, buttons, or general contact based devices.

The rider trim system illustrated in Figure 4 includes a kill switch 402, a
25 map select switch 404, a trim up switch 406, a trim down switch 408, a system power indicator 410, a diagnostic indicator 412, an engine temperature indicator 414, a transient trim enable/disable indicator 415, a first map indicator

WO 03/008788

PCT/US02/22643

416, a second map indicator 418, a third map indicator 420, a display 422 and a trim defeat switch 426. Those switches may have dual functionality such that certain switches may be selectively activated to trim map, set point, and transient operation. The switches will be described herein, however, only in
5 connection with trimming transient fueling.

The kill switch 402 will stop engine operation when activated and is typically intended as an operator initiated emergency shut-down system. The map select switch 404 may be operated to alternately activate an assortment of maps to vary performance of the engine 100. Furthermore, because each map
10 may include transient operating parameters, only the parameters of the selected map are adjusted by the trim up and trim down switches 406 and 408.

The trim up and trim down switches 406 and 408 may be assigned, by way of a trim definition setup, to trim any engine operating characteristic. Those engine operating characteristic may include transient control parameters
15 individually or in combination. Such transient control parameters include, for example, the positive engine transition sensitivity factor, the negative engine transition sensitivity factor, the positive decay rate, the negative decay rate, the duration for which a positive transition will affect fueling and the duration for which a negative transition will affect fueling. Moreover, while engine trimming
20 may be performed when the engine 100 is not operating, it may also be performed in a particularly beneficial manner while the engine 100 is operating.

In a certain embodiment, the trim up and trim down switches 406 and 408 are defined to adjust both the positive and negative engine transition sensitivity simultaneously. That approach provides a very simple yet powerful
25 transient calibration tool. For example, where a trim factor of one is set initially, by depressing the trim up switch 406 one time, the trim factor may be increased to 1.2. Each time the trim up switch 406 is depressed thereafter, the

WO 03/008788

PCT/US02/22643

transitory fuel differential will be increased by 0.2 up to a limit set in a transitory fuel trim definition. Likewise, each time the trim down switch 408 is depressed the transitory fuel differential will be decreased by 0.2 until a limit set in the transitory fuel trim definition or zero is reached. The calculated transitory fuel differential may also be limited to a minimum of zero. When the trim up switch 406 is depressed once, for example, and the transitory fuel differential is 2.5mg, the amount of transitory fuel delivered to the engine would be 2.5mg times 1.2 or 3mg. Similarly, when the trim up switch 406 is depressed once and the transitory fuel differential is -2.5mg, the amount of transitory fuel delivered to the engine would be -2.5mg times 1.2 or -3mg. When the trim down switch 408 is depressed once in that example, and the transitory fuel differential is 2.5mg, the amount of transitory fuel delivered to the engine would be 2.5mg times 0.8 or 2mg. Similarly, when the trim down switch 408 is depressed once and the transitory fuel differential is -2.5mg, the amount of transitory fuel delivered to the engine would be -2.5mg times 0.8 or -2mg. The trim defeat switch 426 permits an operator to alternate between one or more settings created by use of the trim switches 404, 406, and 408 and one or more original untrimmed settings. The trim defeat switch may thus operate as an A-B-A switch to permits alternation between the trimmed settings and the original settings and back again with each operation of the switch.

The display lights 410, 412, 414, 415, 416, and 418 illuminate to indicate certain engine conditions to the operator and the display 422 is utilized to display pertinent information to the operator. The first map indicator 416 may illuminate to indicate that a first preprogrammed steady-state map has been selected with the map select switch 404. Similarly, the second map indicator 416 may illuminate to indicate that a second preprogrammed steady-state map has been selected with the map select switch 404 and the third map indicator 416 may illuminate to indicate that a third preprogrammed steady-

WO 03/008788

PCT/US02/22643

state map has been selected with the map select switch 404. The transient trim enable/disable indicator 415 may illuminate when trimming is enabled and dark when trimming is disabled by operation of the trim defeat switch 426.

Thus, the engine management system 10 provides many advantages
5 including calibrating engine performance with adjustments that can be made while the engine 100 is being operated in its intended environment, and enabling adjustments to delivered fuel quantity to compensate for transitions in state of engine 100 operation.

The embodiments of the engine management system 10 can be
10 provided for internal combustion engine powered land traversing vehicles, watercraft, and flying vehicles, and thus, include automobiles, trucks, motorcycles, all-terrain vehicles, snowmobiles, boats, personal watercraft, and airplanes.

The embodiments described above are examples of the present
15 apparatus and method for trimming an engine management system 10 whereby a number of advantages are achieved.

Those advantages include allowing engine operation to be calibrated during continuous operation in the engine's intended environment and improving operation of an engine 100 when the engine operating state
20 changes, for example, during acceleration or deceleration of the engine 100. For example, the performance of a race engine can be improved by preventing lean operation during acceleration. Moreover, engine performance can be modified within particular user defined ranges of engine performance.

While the present invention has been disclosed with reference to certain
25 embodiments, numerous modifications, alterations, and changes to the described embodiments are possible without departing from the scope of the

WO 03/008788

PCT/US02/22643

present invention, as defined in the appended claims. Accordingly, it is intended that the present invention not be limited to the described embodiments, but that it have the full scope defined by the language of the following claims, and equivalents thereof.

WO 03/008788

PCT/US02/22643

What is Claimed is:

1. A method of adjusting a quantity of fuel delivered to an engine when an engine operating state transitions, comprising:
determining a current steady-state quantity of fuel to be delivered to the engine; and
- 5 adding a transitory quantity of fuel, based on a difference between a previously determined quantity of fuel and the current steady-state quantity of fuel, to the current steady-state quantity of fuel for a period of time following initiation of the transition.
2. The method of claim 1, wherein the transitory quantity of fuel is negative.
3. The method of claim 1, wherein the transitory quantity of fuel is set to zero when a negative transitory quantity of fuel is calculated.
4. The method of claim 1, wherein delivering a quantity of fuel further comprises delivering the quantity of fuel to a cylinder of the engine.
5. The method of claim 1, wherein the quantity of fuel is delivered to more than one cylinder of the engine.
6. The method of claim 1, wherein the fuel quantity is expressed in terms of a period of time during which a valve is open for fuel to pass therethrough.
7. The method of claim 1, wherein the period of time following initiation of the transition is the time required for a predetermined number of cycles to occur.
8. The method of claim 7, wherein the predetermined number of cycles is a predetermined number of cycles of the engine.
9. The method of claim 7, wherein the predetermined number of cycles is a predetermined number of cycles of a cylinder of the engine.

WO 03/008788

PCT/US02/22643

10. The method of claim 1, wherein the transitory quantity of fuel changes during the period of time following initiation of the transition.
11. The method of claim 10, wherein the transitory quantity of fuel decays during the period of time following initiation of the transition.
12. The method of claim 11, wherein the transitory quantity of fuel decays at a predetermined rate.
13. The method of claim 1, wherein the transitory quantity of fuel has no effect on the quantity of fuel delivered after the predetermined period of time expires.
14. The method of claim 1, wherein the engine operating transition includes a change of throttle position.
15. The method of claim 1, wherein the engine operating state transition includes a change in engine speed.
16. The method of claim 1, wherein the engine operating state transition includes a change in engine load.
17. The method of claim 1, wherein the engine operating state transition includes a change in engine speed and a change in engine load.
18. The method of claim 1, wherein the fuel is to be delivered to the engine.
19. The method of claim 1, wherein the previously determined quantity of fuel is a quantity of fuel that was previously calculated to be delivered.
20. The method of claim 1, wherein the previously determined quantity of fuel is an actual quantity of fuel that was delivered.
21. The method of claim 1, wherein the previously determined quantity of fuel is a steady-state quantity of fuel that would have been delivered if a transitory quantity of fuel had not been added thereto.

WO 03/008788

PCT/US02/22643

22. The method of claim 1, whereby determining a steady-state quantity of fuel to be delivered to the engine includes retrieving the steady-state quantity of fuel from a table.

23. The method of claim 1, whereby determining a steady-state quantity of fuel to be delivered to the engine further includes interpolating the steady-state quantity of fuel from the table.

24. The method of claim 1, wherein the steady-state quantity of fuel is determined by reference to a map.

25. The method of claim 1, wherein the transitory quantity of fuel is based on a non-linear function of the difference between the previously determined quantity of fuel and the current steady-state quantity of fuel.

26. The method of claim 1, wherein the transitory quantity of fuel is calculated by applying an engine sensitivity factor to the difference between the previously determined quantity of fuel and the current steady-state quantity of fuel.

27. The method of claim 26, wherein the sensitivity is a non-linear function.

28. The method of claim 26, further comprising manipulating a device that adjusts a trim factor, wherein the trim factor varies the engine sensitivity factor.

29. The method of claim 26, wherein a decay factor is applied to the transitory quantity of fuel each subsequent engine cycle.

30. The method of claim 29, wherein the decay is a non-linear function.

31. The method of claim 26, wherein the transitory quantity of fuel for a given transition in engine state affects the quantity of fuel delivered to the engine for a duration equal to a predetermined number of cycles.

32. The method of claim 31, wherein the transitory quantity of fuel for a given transition in engine state does not affect the quantity of fuel delivered to the predetermined number of cycles.

WO 03/008788

PCT/US02/22643

33. The method of claim 31, wherein the duration is a variable number of cycles.
34. The method of claim 1, wherein the transitory quantity of fuel is further based on an operator manipulated device.
35. The method of claim 34, wherein the operator manipulated device is manipulated during operation of the engine.
36. A method of adjusting a transitory quantity of fuel delivered to an engine when an engine operating state transitions, comprising:
determining a current steady-state quantity of fuel to be delivered to the engine;
5 calculating an initial transitory quantity of fuel by applying an engine sensitivity factor to a difference between a previously determined quantity of fuel and the current steady-state quantity of fuel;
manipulating a trim device that varies a trim factor;
calculating a trimmed transitory quantity of fuel by applying the trim factor to
10 the initial transitory quantity of fuel;
actuating a trim defeat device that alternates between an enable trim mode and disable trim mode when actuated;
setting the transitory quantity of fuel equal to the initial transitory quantity of fuel when trim mode is disabled; and
15 setting the transitory quantity of fuel equal to the trimmed transitory quantity of fuel when trim mode is enabled.
37. The method of claim 36, further comprising retaining the trim factor in a memory device.
38. The method of claim 37, further comprising retrieving the trim factor from the memory device.
39. The method of claim 36, wherein the trim factor is non-linear.

WO 03/008788

PCT/US02/22643

40. An engine fuel control apparatus, comprising:
a processor having an output and a memory, whereby the memory contains fuel delivery data and instructions which, when executed by the processor, cause the processor to
- 5 determine a current steady-state amount of fuel to be delivered by reference to the fuel delivery data,
add a transitory quantity of fuel, based on a difference between a previously determined quantity of fuel and the current steady-state amount of fuel to be delivered, to the current steady-state amount of fuel to be delivered for a period
- 10 of time following initiation of the transition; and
apply a signal corresponding to that amount of fuel to the output;
a fuel supply device; and
a fuel supply actuator coupled to the output of the processor and operably coupled to the fuel supply device to control fuel flow therethrough.
41. An engine fuel control apparatus, comprising:
a processor having an input and an output, whereby a signal corresponding to a steady-state amount of fuel to be provided to the engine plus a transitory amount of fuel to be provided to the engine is incident on the output ;
- 5 a fuel supply device;
a fuel supply actuator coupled to the output of the processor and operably coupled to the fuel supply device to control fuel flow therethrough;
an operator actuated input device coupled to said processor, whereby actuation of the input device adjusts the transitory amount of fuel to be provided to
- 10 the engine.
42. The apparatus of claim 41, wherein the fuel supply device includes a fuel injector.
43. The apparatus of claim 41, wherein the fuel supply device includes a carburetor.

WO 03/008788

PCT/US02/22643

44. The apparatus of claim 41, wherein the input device is manipulated by an operator of a vehicle driven by the engine.

45. The apparatus of claim 41, wherein the input device is a potentiometer.

46. The apparatus of claim 41, wherein the input device includes a trim up contact and a trim down contact.

47. The apparatus of claim 41, wherein the trim up contact increments transitory fuel quantity delivered and the trim down contact decrements transitory fuel quantity delivered.

48. The apparatus of claim 47, further comprising a trim defeat contact that alternates transitory fuel quantity delivered between a base fuel amount that is unaffected by the input device and a trimmed fuel amount that is affected by the input device.

49. A method of adjusting an amount of fuel to be provided to an engine during a transition in engine state, comprising:
determining a steady-state quantity of fuel to be delivered to the engine;
calculating a transitory quantity of fuel to be delivered to the engine;
5 manipulating a device that adjusts the transitory amount of fuel to be provided to the engine, and
delivering an amount of fuel to the engine that is equal to the steady-state quantity of fuel plus the manipulated transitory quantity of fuel.

WO 03/008788

1/4

PCT/US02/22643

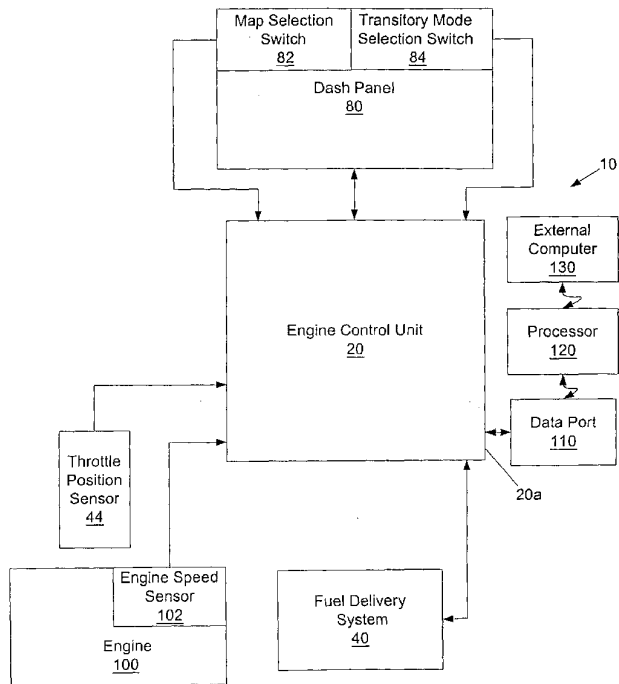


Figure 1

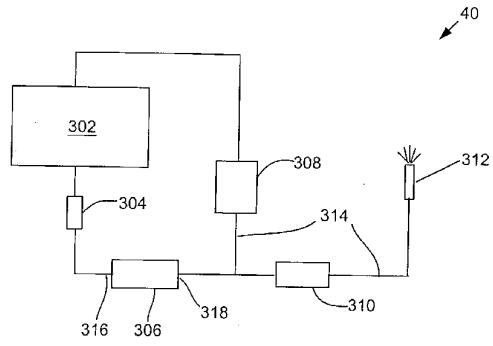


Figure 2

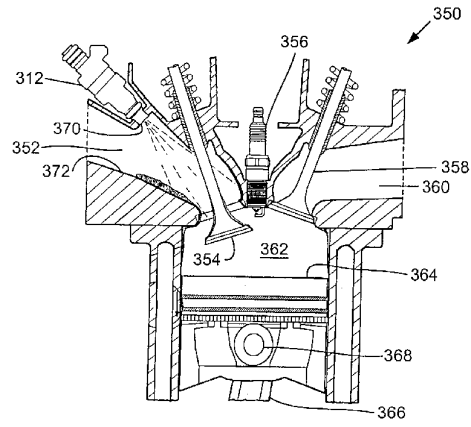


Figure 3

WO 03/008788

4/4

PCT/US02/22643

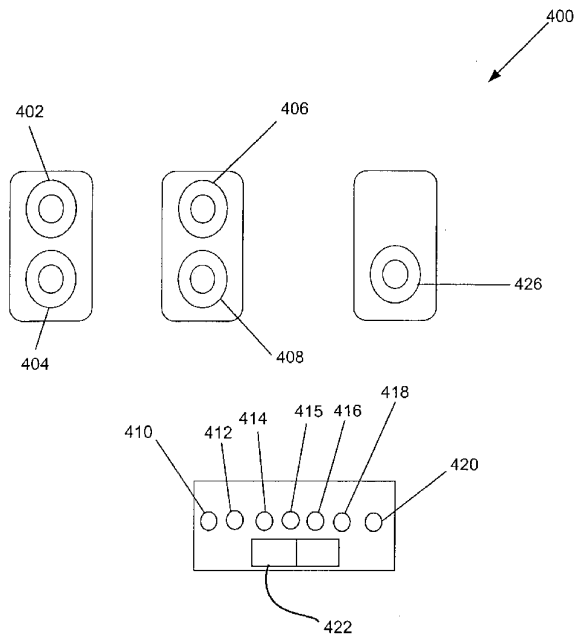


Figure 4

【国際公開パンフレット（コレクション）】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
30 January 2003 (30.01.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/008788 A3(51) International Patent Classification:
41/24

F02D 41/10,

(74) Agent: THE LAW OFFICE OF RICHARD, W., JAMES;
Richard W. James, Esq., 25 Churchill Road, Churchill, PA
15235 (US).

(21) International Application Number: PCT/US02/22643

(22) International Filing Date: 17 July 2002 (17.07.2002)

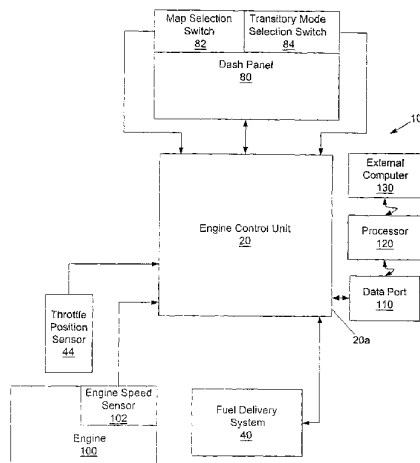
(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
09/909,679 20 July 2001 (20.07.2001) US(71) Applicant: OPTIMUM POWER TECHNOLOGY, L.P.
[US/US]; 3117 Washington Pike, Bridgeville, PA 15017-
1496 (US).(72) Inventor: CHATFIELD, Glen, E.; P.O. Box 88, 416 Sky
Oak Drive, Bradfordwoods, PA 15015 (US).(81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU,
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,
CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GI, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NO, NZ, OM, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,
SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN,
YU, ZA, ZM, ZW.(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GI, GM,
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK,
TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continued on next page]

(54) Title: AN ENGINE FUEL DELIVERY MANAGEMENT SYSTEM



(57) Abstract: An apparatus and method for adjusting a quantity of fuel delivered to an engine when an engine operating state transitions is provided. The apparatus and method includes determining a current steady-state quantity of fuel to be delivered to the engine and add a transitory quantity of fuel, based on a difference between a previous steady-state quantity of fuel delivered and the current steady-state quantity of fuel to be delivered, to the current steady-state quantity of fuel for a period of time following initiation of the transition. The invention also provides an apparatus and method by which an operator may adjust the amount of fuel delivered during an engine operating state transition.

WO 03/008788 A3

WO 03/008788 A3

**Declarations under Rule 4.17:**

- as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii)) for all designations
- as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations

Published:
with international search report

(88) Date of publication of the international search report:

1 May 2003

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 02/22643
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 F02D41/10 F02D41/24 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 F02D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 852 538 A (NAGAISHI HATSUO) 1 August 1989 (1989-08-01) abstract column 2, line 18 - line 63 column 4, line 6 - column 8, line 3 ---	1-49
X	US 4 987 890 A (NAGAISHI HATSUO) 29 January 1991 (1991-01-29) abstract column 2, line 21 - line 68 column 4, line 10 - column 8, line 10 ---	1-49
X	US 5 560 339 A (YOSHIOKA YOSHIAKI ET AL) 1 October 1996 (1996-10-01) the whole document --- -/--	1-49
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 October 2002		Date of mailing of the international search report 25/10/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Wettemann, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l. Application No.
PCT/US 02/22643

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 596 221 A (AMENT FRANK ET AL) 24 June 1986 (1986-06-24) column 1, line 19 -column 3, line 33 claims 1,2 ---	1-49
X	DE 40 40 637 A (BOSCH GMBH ROBERT) 25 June 1992 (1992-06-25) page 2, line 6 -page 6, line 13 ---	1-49
X	EP 0 474 493 A (ADRRAIN JOHN B) 11 March 1992 (1992-03-11) column 3, line 11 -column 9, line 39 ---	40-48
X	WO 92 09957 A (WEBER U S A INC) 11 June 1992 (1992-06-11) the whole document ---	40-48
A	US 5 031 597 A (MONDEN HITOSHI) 16 July 1991 (1991-07-16) the whole document -----	1-49

INTERNATIONAL SEARCH REPORT					International Application No. PCT/US 02/22643	
Information on patent family members						
Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date	
US 4852538	A	01-08-1989	JP	1945444 C	23-06-1995	
			JP	6065861 B	24-08-1994	
			JP	62159741 A	15-07-1987	
			JP	1890437 C	07-12-1994	
			JP	6015828 B	02-03-1994	
			JP	62101855 A	12-05-1987	
			DE	3636810 A1	30-04-1987	
			US	4987890 A	29-01-1991	
US 4987890	A	29-01-1991	JP	1945444 C	23-06-1995	
			JP	6065861 B	24-08-1994	
			JP	62159741 A	15-07-1987	
			JP	1890437 C	07-12-1994	
			JP	6015828 B	02-03-1994	
			JP	62101855 A	12-05-1987	
			DE	3636810 A1	30-04-1987	
			US	4852538 A	01-08-1989	
US 5560339	A	01-10-1996	JP	7091301 A	04-04-1995	
			KR	142895 B1	17-08-1998	
US 4596221	A	24-06-1986	CA	1250641 A1	28-02-1989	
			DE	3669561 D1	19-04-1990	
			EP	0206517 A2	30-12-1986	
			JP	62032253 A	12-02-1987	
DE 4040637	A	25-06-1992	DE	4040637 A1	25-06-1992	
			JP	4269349 A	25-09-1992	
EP 0474493	A	11-03-1992	CA	2050126 A1	07-03-1992	
			EP	0474493 A1	11-03-1992	
			JP	4262041 A	17-09-1992	
			US	5293317 A	08-03-1994	
			US	5200900 A	06-04-1993	
WO 9209957	A	11-06-1992	AU	9081191 A	25-06-1992	
			WO	9209957 A1	11-06-1992	
US 5031597	A	16-07-1991	JP	2227532 A	10-09-1990	
			DE	4006301 A1	06-09-1990	
			GB	2228592 A ,B	29-08-1990	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW, ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES, FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N O,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100084283

弁理士 秋元 芳雄

(72)発明者 チャットフィールド, グレン・エフ

アメリカ合衆国ペンシルバニア州15015,ブラッドフォードウッズ,スカイ・オーク・ドライ
ブ 416,ピー・オー・ボックス 88

Fターム(参考) 3G084 BA04 BA05 BA12 BA13 BA14 BA17 BA32 CA04 CA05 CA06
DA02 DA04 DA08 DA10 DA15 DA21 EB06 EB07 EB08 EB09
EB10 EB11 EB17 EB19 EB20 EB24 EC04 FA01 FA02 FA06
FA07 FA10 FA11 FA18 FA20 FA33 FA34 FA38
3G301 HA01 JA02 JA03 JA07 JA17 JA21 KA11 KA12 KA13 KA16
KA21 LA01 LA03 LB01 LB06 LB09 LC01 MA11 MA14 NA09
NB14 NC04 NC06 NC07 NC08 ND01 ND21 ND24 ND25 ND30
ND34 ND36 ND41 ND44 NE01 NE06 NE13 NE15 NE23 NE24
PA01Z PA07Z PA09Z PA10Z PA11Z PA12Z PA17Z PA19Z PB08A PB10Z
PE01Z PE02Z PE03Z PE08Z PF07Z