

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-501980
(P2007-501980A)

(43) 公表日 平成19年2月1日(2007.2.1)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G05B 19/05 (2006.01)	G05B 19/05 L	5H220
G05B 23/02 (2006.01)	G05B 23/02 302R	5H223

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

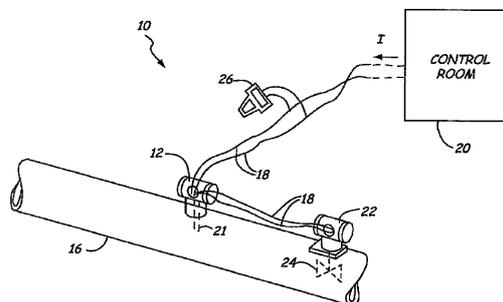
(21) 出願番号	特願2006-522718 (P2006-522718)	(71) 出願人	597115727 ローズマウント インコーポレイテッド アメリカ合衆国 55344 ミネソタ州 、エデン プレイリー、テクノロジー ド ライブ 12001
(86) (22) 出願日	平成16年8月5日 (2004.8.5)	(74) 代理人	100084870 弁理士 田中 香樹
(85) 翻訳文提出日	平成18年4月5日 (2006.4.5)	(74) 代理人	100079289 弁理士 平木 道人
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/025291	(74) 代理人	100119688 弁理士 田邊 壽二
(87) 国際公開番号	W02005/017544	(72) 発明者	ヒュイセンガ, ガリー, ディー. アメリカ合衆国 55318 ミネソタ州 、チャスカ、ハイランド ドライブ 17 5
(87) 国際公開日	平成17年2月24日 (2005.2.24)		
(31) 優先権主張番号	10/635,944		
(32) 優先日	平成15年8月7日 (2003.8.7)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 零入力電流診断を備えたプロセス装置

(57) 【要約】

産業プロセス制御システム上で使用されるプロセス装置(240)は、プロセス装置(240)の零入力消費電流を感知するように構成された零入力電流センサ(278)を含む。診断回路(246)は、感知された零入力電流の関数として、プロセス装置(240)の診断状態を判断する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プロセス制御ループに接続するように構成された電氣的な接続手段、
前記プロセス制御ループ上にデータを送信するように構成された出力回路、
前記プロセス装置の零入力消費電流を感知するように構成された零入力電流センサ、および

前記感知された零入力電流の関数として前記プロセス装置の診断状態を決定するように構成された診断回路からなる産業プロセス制御システムで使用されるプロセス装置。

【請求項 2】

公称零入力電流値を記憶するメモリを含む請求項 1 の装置。

10

【請求項 3】

ベースライン値を記憶するメモリを含む請求項 1 の装置。

【請求項 4】

前記診断状態が、温度の関数である請求項 1 の装置。

【請求項 5】

前記メモリに記憶された前記公称零入力電流値が、温度の関数である請求項 2 の装置。

【請求項 6】

前記メモリに記憶された前記ベースライン値が、温度の関数である請求項 3 の装置。

【請求項 7】

前記零入力電流センサが、前記プロセス装置内のサブ回路の零入力消費電流を感知するように構成された請求項 1 の装置。

20

【請求項 8】

前記零入力電流センサが、感知抵抗器を含む請求項 1 の装置。

【請求項 9】

前記零入力電流センサが、A/D変換器を含む請求項 1 の装置。

【請求項 10】

前記プロセス装置が、前記プロセス制御ループ上に出力信号を提供するように構成された請求項 1 の装置。

【請求項 11】

前記出力信号が、アナログ信号を含む請求項 10 の装置。

30

【請求項 12】

前記出力信号が、デジタル信号を含む請求項 10 の装置。

【請求項 13】

前記診断回路が、零入力消費電流の動向を監視する請求項 1 の装置。

【請求項 14】

機能モジュール電子回路を含み、前記零入力電流センサが、前記機能モジュール電子回路の零入力消費電流を感知するように構成された請求項 1 の装置。

【請求項 15】

感知モジュール電子回路を含み、前記零入力電流センサが、前記感知モジュール電子回路の零入力消費電流を感知するように構成された請求項 1 の装置。

40

【請求項 16】

前記出力回路が、前記診断回路によって決定された診断状態に基づいて、プロセス制御ループ上に出力を提供する請求項 1 の装置。

【請求項 17】

前記出力が、警報信号を含む請求項 16 の装置。

【請求項 18】

前記診断状態が、前記プロセス装置内の電子回路の故障が切迫していることを示す請求項 1 の装置。

【請求項 19】

前記プロセス制御ループが、2線式プロセス制御ループを含む請求項 1 の装置。

50

【請求項 20】

前記診断回路が、前記プロセス装置の感知された零入力消費電流に応じて前記送信機内の電子回路の動作を制御する請求項 1 の装置。

【請求項 21】

視覚的な出力を含み、前記診断回路が、前記診断状態に応じて前記視覚的な出力を提供する請求項 1 の装置。

【請求項 22】

前記診断回路が、デジタルプロセッサを含む請求項 1 の装置。

【請求項 23】

前記プロセス装置が、前記プロセス制御ループを介して受け取られた電力で完全に電力供給される請求項 1 の装置。 10

【請求項 24】

前記プロセス制御ループが、HART（登録商標）、Fieldbus、あるいはprofibusによって作動する請求項 1 の装置。

【請求項 25】

産業プロセスのプロセス変数を感知するためのセンサに接続されたプロセス変数入力を含む請求項 1 の装置。

【請求項 26】

前記プロセス制御システムのプロセス変数を制御するための制御要素に接続された制御出力を含む請求項 1 の装置。 20

【請求項 27】

前記プロセス制御ループが、2線式ループ、3線式ループ、および4線式ループから成るプロセス制御ループおよび無線ループのグループから選択される請求項 1 の装置。

【請求項 28】

プロセス装置をプロセス制御ループに接続すること、
前記プロセス制御ループ上にデータを出力すること、
前記プロセス装置の電氣的要素の零入力消費電流を監視すること、および
前記監視された零入力電流に基づいて前記プロセス装置の電氣的要素の状態を診断することを含む、
産業プロセス制御システム内で用いられるタイプのプロセス装置の診断状態を判断する 30
方法。

【請求項 29】

前記測定された零入力消費電流を、公称零入力電流値と比較することを含む請求項 28 の方法。

【請求項 30】

ベースライン値を記憶するメモリを含む請求項 28 の方法。

【請求項 31】

前記メモリに記憶された前記ベースライン値が、温度の関数である請求項 30 の方法。

【請求項 32】

前記診断状態が、温度の関数である請求項 28 の方法。 40

【請求項 33】

前記公称零入力消費電流が、温度の関数である請求項 29 の方法。

【請求項 34】

前記監視された零入力消費電流が、送信機内のサブ回路の零入力消費電流である請求項 28 の方法。

【請求項 35】

前記零入力消費電流における動向を監視することを含む請求項 28 の方法。

【請求項 36】

前記診断状態が、前記送信機内の電子回路の故障が切迫していることを示す請求項 28 の方法。 50

【請求項 37】

前記送信機の感知された零入力消費電流に応じて前記プロセス装置内の電子回路の動作を制御することを含む請求項 28 の方法。

【請求項 38】

前記 2 線式プロセス制御ループから受け取られた電力で、前記送信機に完全に電力を供給することを含む請求項 28 の方法。

【請求項 39】

前記プロセス制御ループが、2 線式プロセス制御ループを含む請求項 28 の方法。

【請求項 40】

前記産業プロセスのプロセス変数を感知することを含む請求項 28 の方法。

10

【請求項 41】

産業プロセスの動作を制御するために、制御出力を制御要素に提供することを含む請求項 28 の方法。

【請求項 42】

前記プロセス制御ループが、2 線式ループ、3 線式ループ、4 線式ループから成るプロセス制御ループ、および無線ループのグループから選択される請求項 28 の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、産業プロセスで用いられるタイプのプロセス装置に関する。より詳細には、本発明は、前述のようなプロセス装置の診断法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

プロセス制御産業において、プロセス変数を遠隔的に制御または感知するために、プロセスコントローラ、モニタ、および送信機などの現場装置が用いられている。例えば、プロセス変数は、プロセスを制御するのに用いるため、あるいはコントローラにプロセス操作に関する情報を提供するために、送信機によって制御室へ送信される。例えば、プロセス流体の圧力に関する情報は、制御室へ送信され、石油精製などのプロセスを制御するために用いられる。

【0003】

情報を送信するための 1 つの典型的な従来技術は、プロセス制御ループを流れる電力量を制御することである。電流は、制御室内の電流源から供給され、送信機は、現場内のその設置場から電流を制御する。例えば、ゼロの読み (a zero reading) を示すために 4 mA の信号が用いられ、最大の読み (a full scale reading) を示すために 20 mA の信号が用いられる。最近では、送信機は、プロセス制御ループを流れるアナログ電流信号上に重畳されるデジタル信号を使用して、制御室と通信するデジタル回路を採用している。このような技術の一例は、ローズマント インコーポレイテッド (Rosemount Inc.) が提供する HART (登録商標) 通信プロトコルである。HART (登録商標) プロトコル、および他の同様なプロトコルは、典型的には、所望の応答を引き出すために送信機へ送られる、送信機制御または呼びかけ信号などの 1 組のコマンドあるいは命令を含んでいる。

30

40

【0004】

Fieldbus は、Fieldbus Foundation によって提供される通信プロトコルであり、プロセス制御ループ上に情報を送信するための通信層またはプロトコルを定義する役割を果たす。Fieldbus プロトコルでは、ループを流れる電流は、アナログ信号を送信するためには用いられない。その代わりに、情報は全てデジタル信号で送信される。さらに、Fieldbus 規格および Profibus として既知の規格によって、送信機が、2 台以上の送信機が同じプロセス制御ループ上に連結されるマルチドロップ構成で構成されることができ、他の通信プロトコルとしては、MODBUS プロトコルおよび Ethernet (登録商標) がある。いくつかの構成では、

50

2、3、4あるいは任意の数の電線が、RF（無線周波数）などの非物理接続を含むプロセス装置への接続のために用いられる。

【0005】

それは、プロセス装置の動作を監視するために必要とされることが多い。ビルトイン型試験装置を提供する1つの装置が、「FIELD TRANSMITTER BUILT-IN TEST EQUIPMENT」と題する米国特許第5,481,200公報に開示されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

プロセス装置が故障した時、多くの場合は、故障した装置を修理するまたは交換できるように、全プロセスを停止することが必要である。典型的には、故障の発生前にプロセス装置の故障が切迫していることを予測することはできない。したがって、プロセス装置が故障した時には、それが突然起こり、全プロセスを思いがけず停止しなければならないことがある。その発生前に故障が切迫していることを予測するための様々な試みがなされてきたが、同様な技術が現在も必要とされている。切迫している故障が事前に予測できれば、故障しそうな装置を、完全に故障する前に所望通りに交換することができる。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

産業プロセス制御システムにおいて用いられるプロセス装置は、プロセス制御ループに連結されるように構成された接続部を含む。プロセス装置の零入力消費電流が監視される。診断回路は、零入力電流の関数としてプロセス送信機の診断状態を決定または予測する。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明は、故障発生前にプロセス装置の故障を予測するための診断技術を提供する。本発明によって、零入力消費電流（quiescent current draw）が監視される。プロセス装置の故障が切迫していることを予測するために、零入力消費電流の変化が検知され、用いられる。

【0009】

図1は、プロセスパイプ16に連結された送信機12を含むプロセス制御システム10のシステム図である。以下に述べる通り、送信機12は、プロセス装置の1つのタイプであり、本発明は、任意のプロセス装置に適用可能である。送信機12は、Fieldbus、Profibus、またはHART（登録商標）規格によって作動する2線式プロセス制御ループに接続されている。しかしながら、本発明は、これらの規格や2線式構成に限定されない。2線式プロセス制御ループ18は、送信機12と制御室20との間に延びている。ループ18がHART（登録商標）プロトコルによって作動する実施例において、ループ18は、感知されたプロセス変数を示す電流Iを伝送する。さらに、HART（登録商標）プロトコルによって、ループ18を流れる電流にデジタル信号が重畳されるので、送信機12とのデジタル情報の送受信が可能である。Fieldbus規格によって作動する場合、ループ18は、デジタル信号を伝達し、他の送信機などの多数の現場装置に接続されることができる。

30

40

【0010】

図2は、その内部に収容された内部回路ブロックの1つの具体的な構成を示す送信機12の斜視図である。送信機12は、感知モジュール42に連結された機能モジュール（feature module）40を有する。感知モジュール42は、マニフォールドプロセス結合44によってプロセスパイプ16（図2に図示されず）に連結されている。

【0011】

機能モジュール40は、感知モジュール42内に収容された感知モジュール電子回路52に接続される機能モジュール電子回路50を有している。典型的には、感知モジュール電子回路52は、プロセスの動作に関連するプロセス変数を感知するために用いられるプ

50

ロセス変数センサに接続されている。機能モジュール電子回路50は、零入力電流センサ62に接続する診断モジュール60を含んでいる。診断モジュール60は、ハードウェア、ソフトウェアあるいはそれらの複合的な組み合わせにより構成されている。零入力電流センサ62は、送信機12によって消費された全零入力電流、機能モジュール電子回路50によって消費された零入力電流、および/または感知モジュール電子回路52によって消費された零入力電流を監視するように構成される。

【0012】

予測診断法は、プロセス制御産業に大きな利点を提供することができる。予測診断法は、故障が切迫しているということを早期に通知する。センサ21は、概ね図1に示されるようなものであり、送信機12に連結される。図1は、さらに、バルブなどの制御要素24に連結されたプロセスコントローラ22を示す。プロセスモニタ26も、図示されているように、ループ18に連結されている。プロセスモニタ26は、携帯型装置として示されるが、現場に設置された装置でもよい。プロセスモニタは、メンテナンスが必要であるという診断予測を表示する。これにより、オペレータは、装置が完全に故障する前にメンテナンスを行う機会が与えられる。これにより、メンテナンスが所望のスケジュールで実施可能となり、プロセスが不適当な時に停止する必要がなくなる。これにより、プラントの有用性が増大し、効率が良くなる。本発明は、零入力電流の変化を検知することによって現場装置内の電子アセンブリの健全性を監視するための方法と装置を提供する。零入力電流の変化は、消費電流の増大を引き起こす電子部品の故障またはその他の故障があるかどうかを予測し、オペレータに警告するために用いられる。

10

20

【0013】

本発明は、送信機エレクトロニクス of の故障の始まりを検知するために、零入力電流の変化、例えば零入力電流のゆるやかな増加を監視する。例えば、静電気放電(ESD)損傷による潜在的な故障、稲光または瞬間的な電流の流れによる部品の損傷、半導体(例えばツェナーダイオード)内のリーク、フィルタ構成要素(例えばコンデンサ)内のリーク、またはデンドライト成長(dendritic growth)つまり腐食によるリークによる構成要素の損傷は、零入力電流の変化に基づいて検知することができる。

【0014】

2線式プロセス制御ループ上に電力が供給されるプロセス制御装置では、静止動作電流は重大なパラメータである。2線式プロセス制御ループで使用される規格の例として、HART(登録商標)規格およびFieldbus規格がある。送信機は、感知されたプロセス変数に関する表示を提供するためにプロセス制御ループを通して流れる電流を制御する。基本的な前提として、そのような装置は、その装置が必要とする零入力電流より低い値にするようにループ電流を調整することはできない。プロセス装置の動作中の様々な動作、例えば、電流ループ上へ送出するためにデジタル信号を変調することや、(EEPROMなどの)不揮発性メモリへの書き込みのような大電力を要する動作における付加的な消費電流が、消費電流を変化させる。送信機は、さらに特別な状態の発生を示すために、電流を固定値に調整することができる。例えば、ある送信機は、警報状態を示すために3.6ミリアンペアなどの低電流の出力を提供する。警報状態とは、警報状態出力を発生するようにあらかじめ構成された送信機が検知する任意のイベントである。

30

40

【0015】

1つの具体例においては、そのような送信機がタンクのレベルを測定しており、タンクが公称上半分満たされている時、12ミリアンペアの出力電流が提供される。送信機の零入力消費電流は、3.0ミリアンペアである。このような構成によって、装置は、3.6ミリアンペアのローレベルの警報設定を達成することができる。さらに、HART(登録商標)プロトコルによる通信も行うことができる。

【0016】

しかしながら、送信機内の回路が、例えば落雷や他の事象によって損害を受け、送信機が必要とする零入力電流が3.5ミリアンペアまで上昇すると、送信機は、いかなるHART(登録商標)デジタル通信にも影響することなしに、3.6ミリアンペアのローレベ

50

ルの警報信号を送信することができなくなる。HART（登録商標）通信は、送信用の零入力消費電流以上の十分なヘッドルーム（head room）（HART（登録商標）プロトコルは通信用に ± 0.5 mAの変調が必要である）を持たない。例えば、HART（登録商標）送信で用いられるデジタル信号は、0でない平均値を有するように「クリップ」される。このことは、アナログ電流レベルに誤差をもたらすことになる。さらに、送信機へ送られる（典型的にはデジタルフォーマットの）問い合わせ（queries）が成功しないことになる可能性がある。

【0017】

零入力消費電流が上昇し続け、3.9ミリアンペアに達すると、このことにより消費電流の合計が上昇した後の零入力電流値より低くなるので、送信機は3.6ミリアンペアのローレベルの警報信号さえ送信することができなくなる。HART（登録商標）通信を継続することもできなくなる。

10

【0018】

送信機の零入力電流が4ミリアンペア以上に上昇すると、この状況はさらに悪化する。このような状況において、送信機が3.6ミリアンペアあるいは零入力電流値より低い任意の電流のローレベルの警報信号を送信しようとする、送信される実際の電流は、零入力値に近くなる。4~20 mAの間の電流が、プロセス変数の予定範囲を示すために用いられる時、送信電流が4 mAを超えると、正常な動作が誤って表示される。

【0019】

これらの各状況では、タンクが半分満たされている正常状態の間は、送信機が1.2ミリアンペアの適切な出力を提供するので、オペレータが送信機の能力低下を認識することはない。零入力電流の問題は、3.6ミリアンペアのローレベルの警報値の信号を必要とする故障状態の間、すなわち零入力電流レベルより低い任意の値が要求される時にだけ認識される。

20

【0020】

本発明によって、送信機が消費する零入力電流が監視され、所望ならば、消費電流の動向が観察される。前述の故障期間中において、送信機が故障か故障が切迫していることを検知すると、送信機は、ループ内の電流を、ローレベルの警報値ではなく、ハイレベルの警報値に設定する。ハイレベルの警報値は、送信機が故障しているか故障が予測されることが決定される零入力電流診断を示すために用いられる。代わりに、デジタル信号は、そのような故障を示すために送信される。零入力電流の増加によって検知される他の故障例には、構成要素の機能低下、デンドライト成長、あるいは同様の故障があり、それによって故障が切迫しているという警告を早期に提供することができる。

30

【0021】

診断技術の一例においては、零入力消費電流が、好ましい消費電流のベースラインと比較される。比較に用いられる他の値は、ランニング（running）平均またはウィンドウ（windowed）平均、正常値、あるいは動向である。例えば、ベースラインは、送信機の性能検証または製造中の温度範囲として設定され、基準としてメモリに記憶される。ニューラル・ネットワークまたはファジー理論を含むエキスパートシステムあるいは他の技術が、前述のような動向を識別するために用いられる。

40

【0022】

モジュール構造（例えば図2に示される送信機12）である送信機では、様々なモジュール用のベースラインが、別々に生成される。例えば、感知モジュール42および機能モジュール40用のベースライン零入力消費電流は、別々に形成される。別の実施例においては、一旦モジュールが組み立てられると、機能モジュール電子部品50は、感知モジュール電子部品52の零入力消費電流を測定するために用いられる。これにより、機能モジュール電子部品50は、性能検証中に、測定された零入力電流の読みをベースラインデータに較正することができる。別の実施例では、機能モジュール電子部品50および感知モジュール電子部品52を、温度影響に対して較正する、例えばテストデータから取り出された標準目盛に較正する。

50

【0023】

零入力電流は、任意の適切な技術を用いて測定することができる。1つの実施例では、送信機は、電流感知抵抗器間の電圧低下を監視することによって消費電流を測定する。消費電流は、多数の構成要素の電圧低下や消費電流などの複数の測定から推測することができる。このような電流センサは、様々なモジュールに電力を供給するために用いられる回路内に存在してもよいし、付加的な構成要素として追加されてもよい。機能モジュール電子部品50の零入力消費電流は、電流センサ抵抗器間の電圧低下を測定するか、送信機12の零入力消費電流の合計を測定し、感知モジュール電子部品52の零入力消費電流を差し引くことによって決定される。

【0024】

本発明の零入力電流診断技術は、通信の困難さ、あるいは通信の故障が切迫していることを予測するためにも用いられる。例えば、零入力消費電流が増加すると、2線式プロセス制御ループ18上を伝わる不十分な電流のヘッドルームによって通信信号にひずみが生じる。Foundation Fieldbusは、例えば通信用に最低±8mAの変調を必要とする。このような誤差の発生の前に、送信機は、故障が切迫していることを示す診断出力を提供する。この構成は、完全にデジタルフォーマットで通信する装置において特に有利である。このような装置においては、零入力消費電流がデジタル信号の伝送を妨げると、装置が診断情報を送信するための他の手段がない。したがって、このような構成によって、プロセス装置は、完全に故障する前に、故障が切迫しているという表示を送信することができる。別の実施例では、装置は、プロセス制御ループ用の通信から装置自身を分離するように回路を作動させる。例えば、装置の零入力消費電流がループの機能を停止させるか、ループの機能を停止させる方向に向っている場合、装置は、故障が切迫しているという警告を送信することができる、かつ/またはループが動作し続けることができるように、ループから装置自身を分離することができる。

【0025】

零入力電流測定回路は、電流センサ抵抗器間の電圧低下を測定するA/D変換器などの任意の適切な技術を使用して実施することができる。A/D変換器の出力は、診断機能を実行するマイクロプロセッサに提供される。例えば、測定された零入力消費電流は、記憶された値と比較され、温度または他の要素に基づいて補償される。いくつかの実施例では、マイクロプロセッサは、増加した零入力消費電流を補償するために、送信機内の電子部品を制御する。例えば、送信機が構成要素の故障の発生にもかかわらず機能し続けることができるように、電力がある電子構成要素から除去される。このことによって、オペレータは、機能不調の装置を交換するための付加的な時間を得ることができる。

【0026】

図3は、送信機12内の回路を示す概略ブロック図である。図3では、機能モジュール電子部品50は、シリースレギュレータ抵抗器62C、シャントレギュレータ100、抵抗器102、およびループリードバック104を介して2線式プロセス制御ループ18に接続されている。感知モジュール電力調整器110は、感知モジュール電流調整抵抗器62Bを介して感知モジュール電子部品52に接続する。感知モジュール電子部品52は、プロセス変数センサ112を介してプロセス装置にも接続されている。オプションの出力表示装置114も提供される。

【0027】

診断回路は、機能モジュール電力調整器120、D/A変換器122、およびA/D変換器62Aに接続されるマイクロコントローラ60で構成される。A/D変換器62Aは、抵抗器62Bおよび62Cに接続し、抵抗器130および132への接続を介してループ電流を測定するように構成される。

【0028】

動作中には、マイクロコントローラ60は、ループ18を流れる電流I、および、該電流I上の変調された任意のデジタルデータを、D/A変換器122およびシャントレギュレータ100を用いて制御するように構成される。A/D変換器62Aは、ループ18を

10

20

30

40

50

流れる電流 I を示す出力を提供する。さらに、A/D変換器 62A は、抵抗器 62C 間の電圧降下に関する出力をマイクロコントローラ 60 に提供する。この電圧降下は、全ての回路および送信機 12 の零入力消費電流に関係している。同様に、A/D変換器 62A は、感知モジュール電子部品 52 の零入力消費電流を示す抵抗器 62B 間の電圧降下に関する出力を提供する。マイクロコントローラ 60 は、様々な構成要素の零入力消費電流に関するベースラインデータを記憶しているメモリ 140 を含む。測定された零入力消費電流を、メモリ 140 に記憶された零入力消費電流と周期的に比較することによって、マイクロコントローラは、零入力消費電流が仕様を超えたかどうか判断することができる。前述のように、記憶された零入力消費電流は、送信機の温度あるいは他の測定値に基づいて特徴づけられている。

10

【0029】

零入力消費電流に異常が検知されると、マイクロコントローラは、プロセス制御ループ 18 に警告を送信するか、表示装置 114 あるいは他のタイプの視覚的な出力装置上に出力を表示することができる。この出力はデジタル信号であることができ、またループ 18 上の電流 I は、固定電流レベルに設定されることができる。

【0030】

前述のように、本発明は、プロセス制御環境内で使用される任意のプロセス装置に適用可能である。一般的には、図 1 に示される送信機 12 などのプロセス制御装置が、プロセス変数を監視または制御するために用いられる。

【0031】

プロセス変数は、典型的にはプロセス内で制御されている一次変数である。本明細書で用いられるプロセス変数とは、例えば、圧力、流量、温度、製品レベル、pH、濁度、振動、位置、モータ電流、プロセスの他の特性等のプロセスの状態を表わす任意の変数である。制御信号は、プロセスを制御するために用いられる（プロセス変数以外の）全ての信号を意味する。例えば、制御信号とは、コントローラによって調節されるか、プロセスを制御するために用いられる、所望の温度、圧力、流量、製品レベル、pH、または濁度などの所望のプロセス変数値（すなわち設定値）のことである。さらに、制御信号とは、較正值、警報、警報状態、パルブアクチュエータに提供されるパルブ位置信号などの制御要素に提供される信号、発熱要素に提供されるエネルギーレベル、ソレノイドオン/オフ信号など、あるいはプロセスの制御に関する他の信号のことである。本明細書で用いられる診

断信号は、プロセス制御ループ内の装置および要素の動作に関する情報を含むが、プロセス変数または制御信号は含まない。例えば、診断信号は、パルブ軸の位置、加えられるトルクあるいは作用力、アクチュエータ圧力、パルブを動かすのに用いられる加圧された気体の圧力、電圧、電流、電力、抵抗、キャパシタンス、インダクタンス、装置温度、静止摩擦、摩擦、フルオンおよびフルオフ位置（full on and off positions）、移動距離、周波数、振幅、スペクトルおよびスペクトルの構成要素、強度、電気または磁界の強度、持続時間、彩度、動作、電動機逆起電力、モータ電流、（制御ループ抵抗、電圧あるいは電流などの）ループ関連パラメータ、あるいはシステム内で検知されるか測定される他のパラメータである。さらに、プロセス信号とは、例えばプロセス変数、制御信号、または診断信号などのプロセスまたはプロセス内の要素に関する全ての信号である。プロセス装

20

30

40

【0032】

前述のように、図 1 は、プロセス流体を搬送するパイプ 16 およびループ電流 I を伝達する 2 線式プロセス制御ループ 18 を含むプロセス制御システム 10 の例を示す図である。送信機 12、アクチュエータ、パルブ、ポンプ、モータあるいはソレノイドなどのループ内の最終制御要素に連結するコントローラ 22、通信機 26、および制御室 20 は、プロセス制御ループ 18 の全部の部分である。ループ 18 は、1 つの構成で示されており、4 - 20 mA ループ、2、3 あるいは 4 線ループ、マルチドロップループ、および HART（登録商標）、Fieldbus、あるいは他のデジタルまたはアナログ通信プロトコ

50

ルによって作動するループなどの任意の適切なプロセス制御ループが用いられることが理解される。動作中には、送信機 12 は、センサ 21 を用いて、流量などのプロセス変数を感知し、ループ 18 を通じて感知されたプロセス変数を送信する。プロセス変数は、コントローラ / バルブアクチュエータ 22、通信機 26、および / または制御室装置 20 によって受信される。コントローラ 22 は、バルブ 24 に連結され、バルブ 24 を調節してパイプ 16 内の流量を変えることによってプロセスを制御する。コントローラ 22 は、例えば制御室 20、送信機 12、あるいは通信機 26 からループ 18 を介して制御入力を受信し、それに応答してバルブ 24 を調節する。別の実施例では、コントローラ 22 は、ループ 18 を介して受信されたプロセス信号に基づいて制御信号を内部に生成する。通信機 26 は、図 1 に示される携帯用通信機でもよいし、プロセスを監視し、計算を行う、永続的に取り付けられらプロセスユニットでもよい。プロセス装置は、例えば、図 1 に示される (ローズマウント インコーポレイテッド (Rosemount Inc.) から入手可能な 3095 送信機などの) 送信機 12、コントローラ 22、通信機 26、および制御室 20 を含む。別のタイプのプロセス装置は、PC、プログラム可能な論理ユニット (PLC)、あるいはループ上での監視、管理、および / あるいは送信を可能にする適切な入 / 出力回路を用いるループに連結された他のコンピュータである。

10

【0033】

図 1 に示されるプロセス装置 12、22、26、あるいは 20 のうちの任意のものが、本発明による診断能力を含むことができる。

【0034】

図 4 は、ループ 18 の部分を形成するプロセス装置 240 のブロック図である。装置 240 は、一般的に示されており、図 1 に示される送信機 12、コントローラ 22、通信機 26、あるいは制御室装置 20 などの任意のプロセス装置である。制御室装置 20 は、例えば、PLC で実行される DCS システムからなり、またコントローラ 22 は、さらに「スマート」モータおよびポンプからなる。プロセス装置 240 は、ターミナル 244 でループ 18 に接続される入 / 出力回路 242 を含む。入 / 出力回路は、装置 240 との適切な相互通信を促進するための、従来技術において既知の、あらかじめ選択された入力および出力インピーダンスを有する。装置 240 は、入 / 出力回路 242 に接続されたマイクロプロセッサ 246、マクロプロセッサ 246 に接続されたメモリ 248、およびマイクロプロセッサ 246 に接続されたクロック 250 を含む。マイクロプロセッサ 246 は、プロセス信号入力 252 を受信する。ブロック入力は、任意のプロセス信号の入力を示すように指定されており、前述のように、プロセス信号入力は、プロセス変数、あるいは制御信号であり、入 / 出力回路 242 を使用して、ループ 18 から受信され、現場装置 240 内部で生成されることができる。現場装置 240 は、センサ入力チャンネル 254 および制御チャンネル 256 の両方を含む。典型的には、送信機 12 などの送信機は、センサ入力チャンネル 254 のみを含む一方、コントローラ 22 などのコントローラは制御チャンネル 256 のみを含む。送信機 26 および制御室装置 20 などのループ 18 上の他の装置は、チャンネル 254 および 256 を含まない。複数のプロセス変数を監視し、および / または複数の制御要素を適切に制御するために、装置 240 が複数のチャンネルを包含することが理解されよう。

20

30

40

【0035】

センサ入力チャンネル 254 は、プロセス変数を感知し、A/D 変換器 260 によってデジタル化された出力を有する増幅器 258 にセンサ出力を提供するセンサ 21 を含む。チャンネル 254 は、典型的には、送信機 12 などの送信機内で用いられる。補償回路 262 は、デジタル化された信号を補償し、マイクロプロセッサ 246 にデジタル化されたプロセス変数信号を提供する。1つの実施例では、チャンネル 254 は、診断信号を受信する診断チャンネルを含む。

【0036】

プロセス装置 240 が、コントローラ 22 などのコントローラとして作動する場合、装置 240 は、例えばバルブなどの制御要素 24 を有する制御チャンネル 256 を含む。制御

50

要素 24 は、D/A 変換器 264、増幅器 266、およびアクチュエータ 268 を介してマイクロプロセッサ 246 に接続される。D/A 変換器 264 は、増幅器 266 によって増幅されたマイクロプロセッサ 246 からのコマンド出力をデジタル化する。アクチュエータ 268 は、増幅器 266 からの出力に基づいて制御要素 24 を制御する。1 つの実施例では、アクチュエータ 268 は、ループ 18 に直接的に接続され、ループ 18 を通って流れる電流 I に応じて制御要素 24 の位置を決めるために加圧された気体（図示されず）の発生源を制御する。1 つの実施例では、コントローラ 22 は、制御要素を制御するための制御チャネル 256 を含み、さらにバルブ軸の位置、作用力、トルク、アクチュエータ圧力、加圧された気体の発生源の圧力、その他の診断信号を提供するセンサ入力チャネル 254 を含む。

10

【0037】

1 つの実施例では、入/出力回路 242 は、ループ 18 から受信した電力を使用して、プロセス装置 240 内の他の回路の全てに電力を供給するために用いられる電力出力を提供する。典型的には、通信機 26、または制御室 20 が独立した電源を有しているのに対して、送信機 12 あるいはコントローラ 22 などの現場装置は、ループ 18 から電力が供給される。前述のように、プロセス信号入力 252 は、マイクロプロセッサ 246 にプロセス信号を提供する。プロセス信号は、センサ 21 からのプロセス変数、制御要素 24 に提供される制御出力、センサ 21 によって感知された診断信号、またはループ 18 上で受信された制御信号、プロセス変数または診断信号、あるいは別の入/出力チャネルなどのいくつかの他の手段によって受信されたか生成されたプロセス信号である。

20

【0038】

ユーザ入/出力回路 276 はまた、マイクロプロセッサ 246 に接続され、装置 240 とユーザとの間の通信を提供する。典型的には、ユーザ入/出力回路 276 は、表示装置および出力用の音声再生機構、および入力用のキーパッドを含む。典型的には、通信機 26 および制御室 20 は、ユーザが、プロセス変数や（設定点、較正值、警報・警報状態などの）制御信号のようなプロセス信号を監視し、入力することを可能にする入/出力回路 276 を含む。ユーザは、ループ 18 を介して送信機 12 およびコントローラ 22 と前述のようなプロセス信号を送受信するのに、通信機 26 あるいは制御室 20 内の回路 276 を使用する。さらに、このような回路は、送信機 12、コントローラ 22 あるいは他の任意のプロセス装置 240 内で直接的に実施されることができる。

30

【0039】

図 4 は、零入力電流感知回路 278 をも示す。零入力電流感知回路は、1 つの独立した電流センサであるか、複数のセンサで形成されるか、あるいは消費電流が推測されるセンサであってもよい。感知回路は、マイクロプロセッサ 246 に接続する。マイクロプロセッサ 246 は、零入力電流出力回路 278 を監視し、故障または故障が切迫していることを示す表示を提供する。例えば、マイクロプロセッサは、零入力電流を、ベースライン値あるいは正常値と比較する。この情報は、メモリ 248 に記憶される。ベースライン値および正常値は、プロセス装置 240 の動作モード、あるいは他要因に基づいて変えることができる。さらに、マイクロプロセッサ 246 によって実行される診断法は、零入力電流の動向に基づく。例えば、時間経過に対する漸次的あるいは突然の増加、周期的なスパイク、あるいは、零入力消費電流内の他の異常は、故障が切迫しているという表示である。同様に、零入力電流が突然スパイクすると、マイクロプロセッサ 246 は、プロセス装置 240 が一時的に故障したことを示す診断出力を提供する。これらの値、動向あるいは一連のプロファイルは、メモリ 248 に記憶されることもできる。診断法は、単純な比較、平均を観察するか測定値の平均を取り続けるようなより複雑な数学的技術、ファジー理論技術、ニューラル・ネットワーク技術、あるいは、一連の規則および/またはしきい値比較に基づいたエキスパートシステム技術に基づくことができる。予測診断法を提供するという本発明の特性は、サービス要員がその最終的な故障の前にプロセス装置 240 を修理するための時間を提供されるという点で有利である。さらに、いくつかのタイプのプロセス装置は、最終的に故障する時に、単にオフラインになる。このような装置は、それが故

40

50

障モードであることを示す出力を提供しないので、オペレータが、故障が生じたということとその時に警報で知らされる。

【0040】

本発明は、プロセス制御システム内で用いられる無線装置内で実行されることもできる。このような装置においては、電力は、内部電源から供給されなければならない。このような装置は、特に電力対応型である。本発明によって、例えば、測定回路、あるいは装置内の他の回路は停止するので、無線装置は、通信を行い、構成要素が故障したかプロセスが故障していることを示す出力を提供するために十分な電力を有する。

【0041】

本発明の診断出力は、出力信号を提供するか、オペレータに視覚的な表示を提供するか、制御室への送信用の通信信号を提供するか、増加した零入力消費電流の原因である回路または装置の他の回路を分離するように作動するか、プロセス制御ループからプロセス装置を分離するか、あるいは他の動作を行うために使用される。 10

【0042】

本発明は、好ましい実施例に関して説明されたが、当業者は、本発明の精神および範囲から逸脱しないで、形状および細部において変形できることを認識できるであろう。診断回路は、送信機内の全ての回路、あるいは送信機内のサブ回路のみの零入力消費電流を監視する。本明細書においては、零入力電流は、リーク、故障しているか故障した構成要素による任意の不所望な消費電流と共に、正常な消費電流を含む。前述の説明は、1つの構成例における本発明を示しており、任意の適切なプロセス制御ループが、4 - 20 mA、 20 2、3、あるいは4線式ループマルチドロップループ、およびHART（登録商標）、Fieldbusあるいは他のデジタルまたはアナログ通信プロトコルによって作動するループのように使用される。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明による送信機を含むプロセス制御システムの図である。

【図2】図1に示された送信機の斜視図である。

【図3】零入力消費電流測定および診断で用いられる、図1の送信機内の構成要素を示す概略電気ブロック図である。

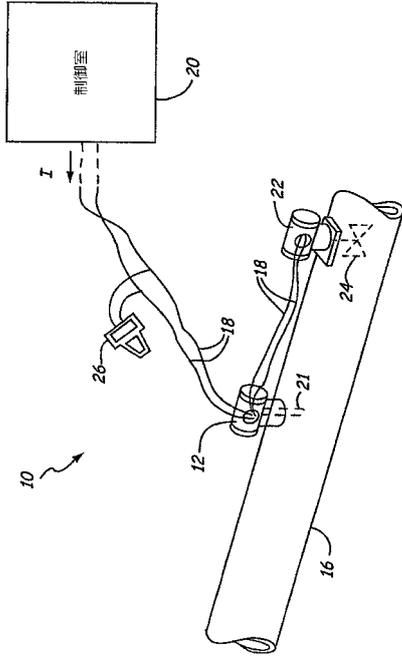
【図4】零入力消費電流測定および診断で用いられる、図1の送信機内の構成要素を示す概略電気ブロック図である。 30

【符号の説明】

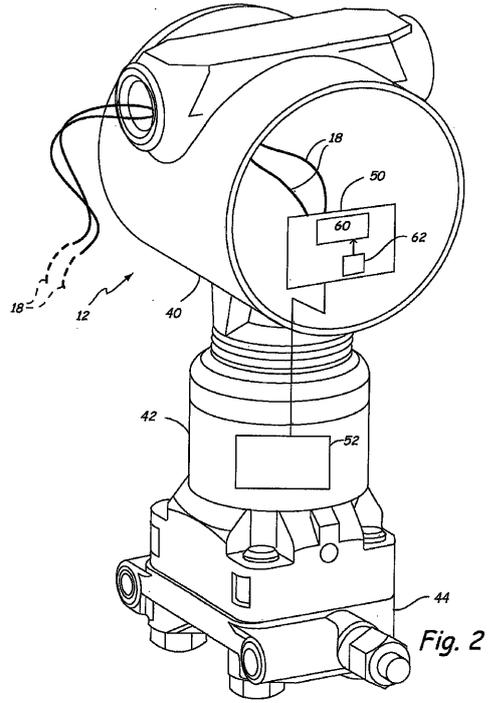
【0044】

10 ... プロセス制御システム、 12 ... 送信機、 16 ... プロセスパイプ、 18 ... ループ、 20 ... 制御室、 21 ... センサ、 22 ... プロセスコントローラ、 24 ... 制御要素、 26 ... プロセスモニタ

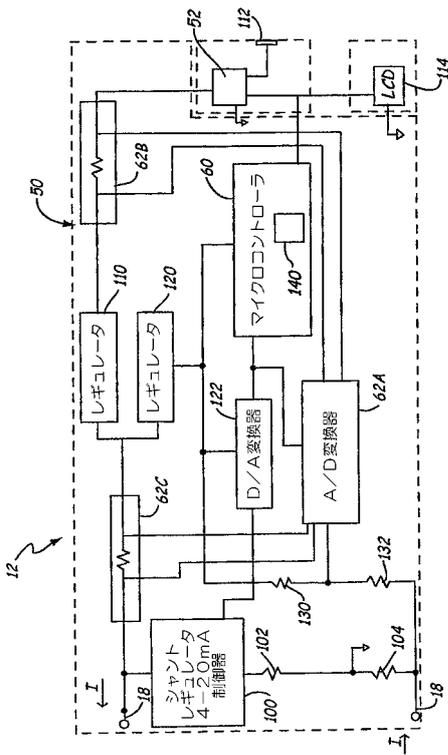
【 図 1 】



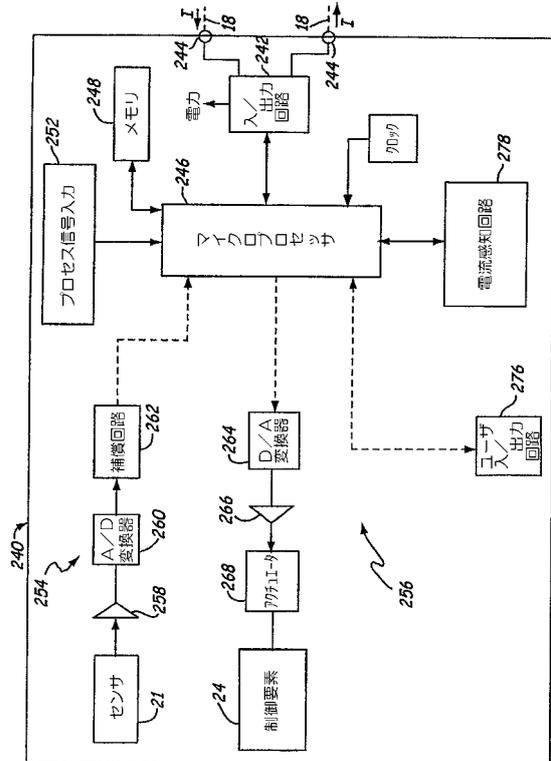
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【手続補正書】

【提出日】平成18年9月28日(2006.9.28)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

プロセス制御ループに接続するように構成された電気的な接続手段、

前記プロセス制御ループ上にデータを送信するように構成された出力回路、

前記プロセス装置の零入力消費電流を感知するように構成された零入力電流センサ、および

前記感知された零入力電流の関数として前記プロセス装置の診断状態を決定するように構成された診断回路からなる産業プロセス制御システムで使用されるプロセス装置。

【請求項2】

公称零入力電流値およびベースライン値の少なくとも一つを記憶するメモリを含む請求項1の装置。

【請求項3】

前記診断状態が、温度の関数である請求項1の装置。

【請求項4】

前記メモリに記憶された前記公称零入力電流値および前記ベースライン値が、温度の関数である請求項2の装置。

【請求項5】

前記零入力電流センサが、前記プロセス装置内のサブ回路の零入力消費電流を感知するように構成された請求項1の装置。

【請求項6】

前記零入力電流センサが、感知抵抗器およびA/D変換器の少なくとも一つを含む請求項1の装置。

【請求項7】

前記プロセス装置が、前記プロセス制御ループ上に出力信号を提供するように構成された請求項1の装置。

【請求項8】

前記出力信号が、アナログ信号およびデジタル信号の少なくとも一つを含む請求項7の装置。

【請求項9】

前記診断回路が、零入力消費電流の動向を監視する請求項1の装置。

【請求項10】

機能モジュール電子回路を含み、前記零入力電流センサが、前記機能モジュール電子回路又は前記感知モジュール電子回路の零入力消費電流を感知するように構成された請求項1の装置。

【請求項11】

前記出力回路が、前記診断回路によって決定された診断状態に基づいて、プロセス制御ループ上に出力を提供する請求項1の装置。

【請求項12】

前記出力が、警報信号を含む請求項11の装置。

【請求項13】

前記診断状態が、前記プロセス装置内の電子回路の故障が切迫していることを示す請求項1の装置。

【請求項14】

前記プロセス制御ループが、2線式プロセス制御ループを含む請求項1の装置。

【請求項15】

前記診断回路が、前記プロセス装置の感知された零入力消費電流に応じて前記送信機内の電子回路の動作を制御する請求項1の装置。

【請求項16】

視覚的な出力を含み、前記診断回路が、前記診断状態に応じて前記視覚的な出力を提供する請求項1の装置。

【請求項17】

前記診断回路が、デジタルプロセッサを含む請求項1の装置。

【請求項18】

前記プロセス装置が、前記プロセス制御ループを介して受け取られた電力で完全に電力供給される請求項1の装置。

【請求項19】

前記プロセス制御ループが、HART(登録商標)、Fieldbus、あるいはprofibusによって作動する請求項1の装置。

【請求項20】

産業プロセスのプロセス変数を感知するためのセンサに接続されたプロセス変数入力を含む請求項1の装置。

【請求項21】

前記プロセス制御システムのプロセス変数を制御するための制御要素に接続された制御出力を含む請求項1の装置。

【請求項22】

前記プロセス制御ループが、2線式ループ、3線式ループ、および4線式ループから成るプロセス制御ループおよび無線ループのグループから選択される請求項1の装置。

【請求項23】

プロセス装置をプロセス制御ループに接続すること、
前記プロセス制御ループ上にデータを出力すること、
前記プロセス装置の電気的要素の零入力消費電流を監視すること、および
前記監視された零入力電流に基づいて前記プロセス装置の電気的要素の状態を診断することを含む、
産業プロセス制御システム内で用いられるタイプのプロセス装置の診断状態を判断する方法。

【請求項24】

前記測定された零入力消費電流を、公称零入力電流値と比較することを含む請求項23の方法。

【請求項25】

ベースライン値を記憶するメモリを含む請求項23の方法。

【請求項26】

前記メモリに記憶された前記ベースライン値が、温度の関数である請求項25の方法。

【請求項27】

前記診断状態が、温度の関数である請求項23の方法。

【請求項28】

前記公称零入力消費電流が、温度の関数である請求項24の方法。

【請求項29】

前記監視された零入力消費電流が、送信機内のサブ回路の零入力消費電流である請求項23の方法。

【請求項30】

前記零入力消費電流における動向を監視することを含む請求項23の方法。

【請求項31】

前記診断状態が、前記送信機内の電子回路の故障が切迫していることを示す請求項23の

方法。

【請求項 3 2】

前記送信機の感知された零入力消費電流に応じて前記プロセス装置内の電子回路の動作を制御することを含む請求項 2 3 の方法。

【請求項 3 3】

前記 2 線式プロセス制御ループから受け取られた電力で、前記送信機に完全に電力を供給することを含む請求項 2 3 の方法。

【請求項 3 4】

前記プロセス制御ループが、2 線式プロセス制御ループを含む請求項 2 3 の方法。

【請求項 3 5】

前記産業プロセスのプロセス変数を感知することを含む請求項 2 3 の方法。

【請求項 3 6】

産業プロセスの動作を制御するために、制御出力を制御要素に提供することを含む請求項 2 3 の方法。

【請求項 3 7】

前記プロセス制御ループが、2 線式ループ、3 線式ループ、4 線式ループから成るプロセス制御ループ、および無線ループのグループから選択される請求項 2 3 の方法。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/US2004/025291

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01R31/28 G08C19/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01R G08C		
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, WPI Data, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/121910 A1 (ROME ET AL) 5 September 2002 (2002-09-05) the whole document	1-42
X	US 5 781 024 A (KURKOWSKI JAMES D ET AL) 14 July 1998 (1998-07-14) column 1, line 5 - line 15; figures 4,5 column 5, line 13 - column 6, line 21	1,21,28
A	US 5 481 200 A (VOEGELE KEVIN D ET AL) 2 January 1996 (1996-01-02) cited in the application the whole document	1-42
A	DE 199 05 071 A (SIEMENS AG) 10 August 2000 (2000-08-10) the whole document	1-42
<input 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. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 7 December 2004		Date of mailing of the international search report 12/01/2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Koll, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US2004/025291

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2002121910 ⁰	A1	05-09-2002	EP 1366478 A2	03-12-2003
			JP 2004525455 T	19-08-2004
			WO 02071362 A2	12-09-2002
US 5781024	A	14-07-1998	WO 9900667 A1	07-01-1999
			AU 3396197 A	19-01-1999
			EP 1012602 A1	28-06-2000
			AU 732655 B2	26-04-2001
			CA 2295001 A1	07-01-1999
			JP 2001515599 T	18-09-2001
US 5481200	A	02-01-1996	AU 678596 B2	05-06-1997
			AU 7526694 A	03-04-1995
			CA 2169722 A1	23-03-1995
			CN 1130945 A , B	11-09-1996
			CZ 9600717 A3	13-11-1996
			DE 69429008 D1	13-12-2001
			DE 69429008 T2	11-07-2002
			EP 0719417 A1	03-07-1996
			RU 2155350 C2	27-08-2000
			SG 45362 A1	16-01-1998
			WO 9508123 A1	23-03-1995
			DE 19905071	A
WO 0048157 A1	17-08-2000			

フロントページの続き

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

(72)発明者 ロングスドルフ, ランディ, ジェイ.

アメリカ合衆国 5 5 3 1 8 ミネソタ州、チャスカ、ヘリテイジ コート 1 3 4 3

Fターム(参考) 5H220 AA01 BB09 CC07 CX05 EE09 JJ12 JJ17 KK03

5H223 AA01 BB01 CC01 DD07 DD09 EE06 EE11 FF05