

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3582837号

(P3582837)

(45) 発行日 平成16年10月27日(2004.10.27)

(24) 登録日 平成16年8月6日(2004.8.6)

(51) Int. Cl.⁷

F I

G O 1 D 21/00

G O 1 D 21/00

Q

B O 1 J 19/00

B O 1 J 19/00

J

G O 1 R 23/16

G O 1 R 23/16

G O 5 B 23/02

G O 5 B 23/02

3 O 2 S

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-517793
 (86) (22) 出願日 平成7年12月7日(1995.12.7)
 (65) 公表番号 特表平10-511177
 (43) 公表日 平成10年10月27日(1998.10.27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US1995/015933
 (87) 国際公開番号 WO1996/018110
 (87) 国際公開日 平成8年6月13日(1996.6.13)
 審査請求日 平成14年12月9日(2002.12.9)
 (31) 優先権主張番号 08/353,474
 (32) 優先日 平成6年12月9日(1994.12.9)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者
 エクソンモービル・ケミカル・パテンツ・
 インク
 アメリカ合衆国、テキサス州 77520
 、ベータウン、ペイウェイ・ドライブ 5
 200
 (74) 代理人
 弁理士 山崎 行造
 (74) 代理人
 弁理士 岡田 希子
 (72) 発明者
 バーツシアク、レイモンド・ドナルド
 アメリカ合衆国、テキサス州 77062
 、ヒューストン、リッジウェル 1521
 O

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワースペクトル密度監視によるプラントパラメータの検出

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラントからのプロセス変数出力信号の現状態及び該出力信号が許容できる限界内にあるかどうかを決定する方法であって、

(a) 前記プラントが定常状態で操業しているとき、第1時間期間に亘って基準出力信号をサンプリングすることによって前記プロセス変数の基準比較データを設定し、各サンプリングされた信号をゼロ平均基盤に変換するために、サンプリングされた基準出力信号がさらに第1正規化手順にさらされる段階と、

(b) 前記プロセス変数の基準スペクトルデータを得るために前記サンプリングされた出力信号を処理し、前記基準スペクトルデータが前記サンプリングされた出力信号の各複数の周波数成分つき正規化されたエネルギー量を明示するようにし、各基準スペクトルデータ値が第2の正規化手順にさらされ、その点で各スペクトルデータ値がサンプリング時間に関連する値で除算され、サンプリング時間は、出力信号に対するスペクトルデータ値の導出に備えて該出力信号がサンプリングされる間の時間ウィンドウであるようにされる段階と、

(c) 前記基準スペクトルデータを記憶する段階と、

(d) 前記プラントの操業中に第2時間期間に亘って前記プロセス変数の現出力信号をサンプリングすることによって前記プロセス変数の現作動データを設定し、各サンプリングされた信号をゼロ平均基盤に変換するためにサンプリングされた各現出力信号をさらに第1正規化手順にさらす段階と、

10

20

(e) 前記サンプリングされた現出力信号から現スペクトルデータを得るために該現出力信号を処理し、前記現スペクトルデータが、前記サンプリングされた現出力信号の各複数周波数成分の正規化されたエネルギー量を明示するようにし、各現スペクトルデータ値が第2の正規化手順にさらされ、その点で各スペクトルデータ値がサンプリング時間に関連する値で除算され、該サンプリング時間は、出力信号に対するスペクトルデータ値の導出に備えて該出力信号がサンプリングされる間の時間ウィンドウであるようにされる段階と

、
(f) 前記基準スペクトルデータ及び現スペクトルデータの複数の周波数成分の各々につき、それらに対する正規化されたエネルギー量を比較し、前記比較によって前記現スペクトルデータの任意の周波数成分のエネルギー量閾値が前記基準スペクトルデータに対応する共通周波数成分のエネルギー量を越えることが明示されるならば信号を発する段階とから成るプロセス変数出力信号許容限界決定方法。

10

【請求項2】

前記サンプリング時間に関連する値が前記時間ウィンドウの間にサンプリングされる出力信号のサンプル数である、請求項1の方法。

【請求項3】

段階(f)は、前記信号を発するための共通周波数をさらに示す、請求項1の方法。

【請求項4】

前記解析段階(b)及び(e)は、前記サンプリングされた各出力信号の周波数成分及びエネルギー量を決定するために該出力信号のフーリエ分析を行う、請求項1の方法。

20

【請求項5】

前記現データの周波数成分のエネルギーは、設定係数が乗じられた前記基準データの共通周波数成分のエネルギー量を越えるならば、段階(f)で前記信号が単に発せられる、請求項1の方法。

【請求項6】

段階(f)において、前記各共通周波数成分のエネルギー比が決定された後前記信号が発せられ、少なくとも1つの前記比が予め定められた係数を越えることが決定される、請求項1の方法。

【発明の詳細な説明】

この特許出願は、1993年3月22日に出願された米国特許出願08/034,058（現存放棄）の一部継続出願である。

30

発明の分野

本発明は、プロセス制御装置に関し、特に、パラメータのパワースペクトル密度、即ち、振動数スペクトル密度を用いて、プロセスパラメータが定常状態又は非定常状態にあるかどうかを決定するシステムに関する。

発明の背景

動的なプラント処理において、プロセス変数が定常状態にあるか非定常状態にあるか知る必要もある。多くのプロセス制御装置はプラント変数を監視して、それらを予め定めた設定点と比較するが、プラント変数が、時間の経過とともに設定点から離れたプラント変数が正常な範囲から著しく離れているか知ることがより重要なこともある。プラントパラメータの出力が、非定常状態へ至る可能性のある初期状態を示しているか予測できることも重要である。

40

プロセス制御のためのプラントパラメータ監視に関する従来技術は数多くある。米国特許4,744,041 (Strunk他) には、dcモータの定常状態の速度を高速フーリエ変換解析を用いて検出する技術が記載されている。Strunk他は、試験モータの電流を測定し、サンプルした電流信号をデータとしてコンピュータに送る電流センサを用いている。コンピュータは、それから複数の時点で測定した瞬間電流値をサンプルして格納し、定常状態電流に高速フーリエ変換を実行してそのパワースペクトル密度を決定する。

コンピュータを用いて決定されたパワースペクトル密度に基づき、モータの速度を最大パワーを用いた周波数を検出することで決定することができる。

50

日本特許出願S62-245931 (Toshiba) には、回転するポンプの異常を決定するプロシージャが記載されている。複数の基礎周波数スペクトルがメモリに格納され（制限パターンと呼ばれる）、各基準周波数スペクトルは、異なる負荷条件下の下でのポンプの動作状態を示す。メモリを保護するには、「バイアス」プロシージャを用い、最も近い基準周波数スペクトルを変更して、ポンプから得られた試験周波数スペクトルの負荷（即ち、パワー）領域に移行させる。試験周波数スペクトルが、「バイアスをかけた」基準周波数スペクトルから決定された範囲を越えると、警告が出される。このようにToshibaの装置は、複数の基準周波数スペクトルを格納した記憶装置とバイアス値を加えて選択されたスペクトルの精密な変更を行って、試験スペクトルとの比較ができるようにすることが必要である。バイアスの調整を誤ると、試験装置の効果が無効になることがある。

10

PCT公開出願W094/22025 (Bartusiak他) には、パワースペクトル密度に依存するプロセス信号検出技術が記載されている。基準データはプラントが定常状態で操業している間に蓄積され、これには複数の周波数成分のそれぞれのエネルギー容量が含まれる。現在の動作データベースは、プラントが操業しているときプロセス変数をサンプリングして設定される。サンプルされた現在の出力を解析して、複数の周波数成分のそれぞれのエネルギー容量を含む現在のデータを得る。基準データと現在のデータの各共通周波数成分について、装置はエネルギー容量を比較し、比較したエネルギー容量が予め定められた範囲を越えると、非定常状態信号を出力する。

従って、本発明の目的は、プロセス変数出力信号がいつ定常状態条件にあるかを決定する方法を提供することである。

20

本発明の別の目的は、パラメータ出力信号を分析して、初期非定常状態を表示する方法を提供することである。

さらに本発明の別の目的は、パワースペクトル密度に依存するプラントパラメータ出力信号の検出方法を提供することである。

発明の要約

プロセス変数出力信号の現状態が、許容できる範囲内にあるかどうかを決定する方法は以下のステップ（段階）を含む。即ち、プラントが定常状態で操業しているときは、プラントのプロセス変数出力信号をサンプリングすることによって基準データを設定し、該サンプリングされた出力信号の各複数周波数成分のエネルギー量を含む正規化された基準データを得るために、サンプリングされた出力信号を解析する段階を含む。同プロシージャ、即ち、手順は、プラント操業中にプロセス変数信号をサンプリングすることによって現作動（動作）中のデータベースを設定する。複数の各周波数成分の正規化されたエネルギー量を含む現データを得るためにサンプリングされた現出力信号が解析される。基準データ及び現データの各共通周波数成分につき、同手順はそれらの正規化されたエネルギー量を比較し、同比較で比較されたエネルギー量間の差が予め定められた範囲を越えることが示されるならば非定常状態信号を発する。

30

図面の説明

図1は、本発明の方法を実行する装置のブロック図である。

図2aと2bは、本発明の方法を示す概略流れ図である。

図3は、例示したプラントの時間の経過にともなう流量の変化を示すプロットである。

40

図4は、図3に示す信号から得られたエネルギー対周波数の半対数プロットである。

図5は、負方向に下降する外乱の流量対時間のプロットである。

図6は、単調に変化する外乱が低周波数範囲のプロットしたエネルギー閾値の最もひどく乱すことを示す図5のプロットのエネルギー対周波数の半対数プロットである。

図7は、流量信号の「U」型外乱を示す流量対時間のプロットである。

図8は、1つのエネルギー閾値で、外乱が閾値を越えることを示す図7のプロットのエネルギー対周波数の半対数プロットである。

発明の詳細な説明

本発明の実施する装置と方法は、プラント処理が定常状態または非定常状態で動作しているかどうかを決定する。簡単にいうと、この装置は、プロセス変数が定常状態にある間、

50

プロセス変数の基準パワースペクトル密度 (PSD) を決定する。パワースペクトル密度は、その成分周波数を関数とした信号のエネルギー容量を表し、時間領域信号を周波数領域表現に変換する高速フーリエ変換 (FFT) によって計算される。

基準PSDが得られる信号に第1の正規化プロシーダを実行して、信号に対するゼロ平均基準を得る。この正規化は、サンプルデータ値の時系列平均プロセス変数値を各時系列サンプルデータ値から引いて達成される。スペクトルの計算に用いた時系列信号サンプル数でスペクトルの各パワー値を割って、スペクトルデータに第2の正規化プロシーダを実行する。第1の正規化プロシーダは、格納された1つの基準PSDを後で行うすべての試験プロシーダの基準として用いられるようにし、複数の基準スペクトルまたは基準スペクトルを調節するバイアスプロシーダの必要性をなくす。第2の正規化プロシーダは、現在のPSDと基準PSDが得られる時間ウィンドウが異なる場合でも、基準PSDを現在のPSDと比較できるようにする。

10

基準PSDは、プロセス変数が演算されているときに得られた現在のPSDと比較される。現在のPSDは、基準PSDについて上述した第1と第2の正規化プロシーダも実行される。現在のPSDが基準PSDに対し余りにエネルギーが大きい (ランプのような遅い変化またはスパイクのような速い変化のいずれの場合でも) と、プロセス変数は非定常であると決定され、この状態が通知される。

図1に戻ると、流量監視装置10,12がパイプ14,16対の流量の状態をそれぞれ連続的に監視する。パイプ14,16はプラントの部分構成し、その部分のプロセス変数を連続的に監視して、定常状態から非定常状態に移動するものがあるかどうか決定する。当業者は、パイプ14,16からの入力の表示は単なる例であり、複数の他の種類のシステム変数 (例えば、圧力、容積、温度等) の監視ができることがわかるだろう。各流量監視装置10,12からの出力は、接続されたアナログ/デジタルコンバータ (A/D) 18,20にそれぞれ送られ、その出力は、次いで、制御データ処理装置で主伝達経路を形成するバス22に接続される。

20

中央処理装置 (CPU) 24はバス22に相互接続され、また、A/Dコンバータ18,20にも接続されて、一定時間間隔のサンプル信号をそこから得られるようにする。リードオンリメモリ (ROM) 25がバス22に接続され、CPU24を動作させてセンサ10,12を監視するプロシーダとCPU24がA/Dコンバータ18,20から受信した入力データの高速フーリエ変換を実行できるようにする。ランダムアクセスメモリ (RAM) 26がバス22に接続され、A/Dコンバータ18,20からの生入力データ、監視されているプロセス変数が定常状態にあるとき決定された基準PSDデータ、およびプロセス変数が監視されているとき決定される現在のPSDを格納する割り当てられたメモリを含む。

30

ここで図1の装置の動作を図2aと2bに示す流れ図を参照して説明する。最初に、定常状態 (即ち、基準) PSDが監視されたプロセス変数について決定される。定常状態PSDは、まずプラントが定常状態 (ボックス30) で操作しているとき、プロセス変数の出力信号を時間サンプリングして得られる。定常状態PSDの混交を防ぐには、時間サンプルした出力信号をフィルタに通し、それから非周期信号を除去する (ボックス32)。

そして、フィルタを通された出力サンプルは、サンプルデータ値の時系列平均プロセス変数を各時系列サンプルデータ値から引いて、ゼロ平均基準に正規化される。これにより、動作状態に依存するあらゆるバイアスを除去する (ボックス33)。

40

次に、フィルタを通され、正規化された周期サンプル信号は、ROM24から読み出されたプロシーダの制御下で、中央処理装置24によりFFT解析される (ボックス34)。第2の正規化プロシーダは、時系列サンプルが検出される時間ウィンドウから得られたあらゆるバイアスを除去する。第2の正規化プロシーダは、各スペクトル周波数データ値を周波数データの「時間」正規化を行うため、時間サンプル数で割る。

PSD解析の結果は、フィルタを通された定常状態信号の周波数 (ω_j) で正規化されたエネルギー値列であり、周波数 (ω_j) で正規化された各エネルギー値は、特定の周波数信号に含まれるエネルギーに比例した関連する属性を持っている。これらの周波数とエネルギー値の属性は、定常状態 (または基準) PSDデータとしてRAM26に格納される。

この時点で、定常状態PSDの各エネルギー値属性に加えられるユーザから提供された乗数

50

係数にアクセスされる。乗数係数は、プロセス変数の現在のPSDが非定常状態にあるとみなされるために基準PSDを越えなければならない数値であるエネルギー閾値を導出できるようにする（ボックス36）。図1の装置は、「現在の流量」監視状態に切り替わり、装置がセンサ10,12等からの出力を監視する。どのセンサも監視していないとき、その出力がFFTプロシージャによりPSD表示に変換され、それから、同じセンサの前に得た定常状態PSD（即ち、RAM26に格納されているもの）と比較する。CPU24は、プラントの操業時（ボックス38）、センサ（例えば、10）からの出力信号をサンプリングして現在の監視状態になる。十分なサンプルが蓄積された後、CPU24はサンプルされた現在の出力信号をフィルタに通して非周期成分を除去し（ボックス39）、フィルタに通された信号をゼロ平均基準（基準PSDと全く同じ）（ボックス40）に正規化して、FFTプロシージャを用いてサンプルした現在の出力信号に対しPSD（ ω_j ）を計算する（ボックス41）。各スペクトル周波数データ値は、時系列サンプル数で割られて、周波数データの「時間」正規化を行う基準PSDと現在のPSDデータを正規化すると、その検出時に、異なる時間ウィンドウが用いられていてもそれらのデータの比較ができるようになる。

現在のPSD（ ω_i ）がその対応する定常状態PSD（ ω_j ）にユーザが入力した乗数係数を掛けたものより大きいかどうか決定され（ボックス42,44）。もしそうであれば、装置は ω_i の値を出力し、そのとき最大エネルギー比が見出され、プロセス変数が非定常状態にあることを示す信号が出力される（ボックス46）。

判断ボックス44で判断の結果、現在のPSD（ ω_i ）が乗数係数と定常状態PSD（ ω_j ）を掛けた値を越えないことを示す場合。サンプルされた現在の出力信号が定常状態にあり、それ以上の動作は必要ないことが決定される。この時点で、プロシージャが終了し、CPU24は他の現在のプロセス変数信号を監視して、このプロシージャを繰り返す。

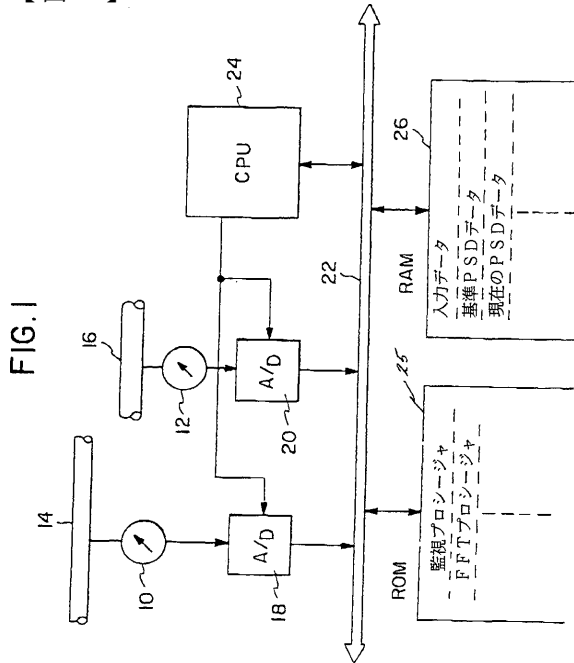
図3～8は、上述したプロシージャの例を含む、第3で、プロセス変数（流量）は、数時間（126分）にわたりプロットされる。プロット線上の各点は、装置に入力されるサンプルした流量値を示す。現在の流量値を監視する前に、同じプロセス変数の定常状態時に基準流量が監視され、基準PSDが得られる（例えば、図4の点線100）。基準PSD線100は、平均化された比較を行うために、10の「段階」に量子化されている。そして、図3の信号のPSDが計算され（線102）、周波数スペクトル全体にわたりパワーの著しい変動を示していることがわかる。

図5では、ランプ外乱103がプロットされている（流量対時間）。さらに、例示の目的でのみ、2つの乗数係数（例えば、1.0と1.5）が用いられ、エネルギーPSD閾値108,110をそれぞれ得る。ランプ信号103をPSDに変換すると、図6に示すエネルギー対周波数の線106が得られる。ランプ外乱103は、低周波数範囲でPSDエネルギー閾値108,100をきわめてひどく乱すことに注意されたい。このような条件で警告が発せられる。エネルギー閾値108を越えただけの場合には警告を発しないように装置が調整されてもよいが、閾値108を越えるエネルギーでの周波数は初期の不安定なモードをユーザが監視するために出力され得る。

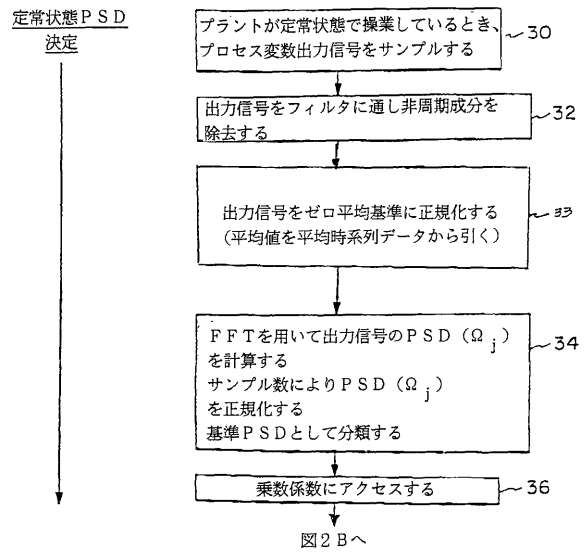
図7で、「U」外乱113が流量対時間で示されている。図7で流量が監視される時間範囲にわたり、流量の差は大きくないが、外乱で起きていることは明らかである。図8に示すように、このような外乱は、PSD線112のピークをエネルギーの閾値114と比較して抽出される。

上記の説明は、本発明を説明するだけのものであることを理解されたい。本発明から逸脱することなく、当業者がさまざまな代替装置を用いたり変更を加えたりすることができる。従って、本発明は、添付したクレームの範囲内のそのようなすべての代替装置、修正、および変更を含むものであることをも意図している。

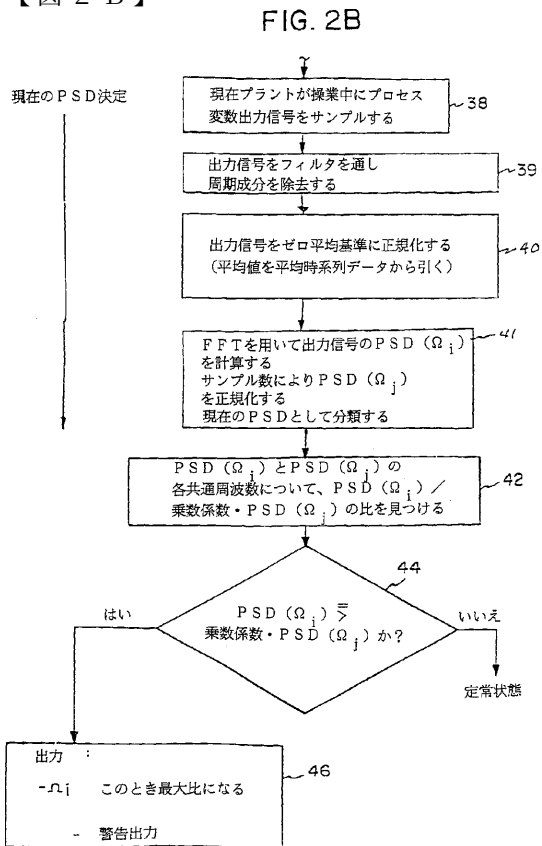
【図 1】



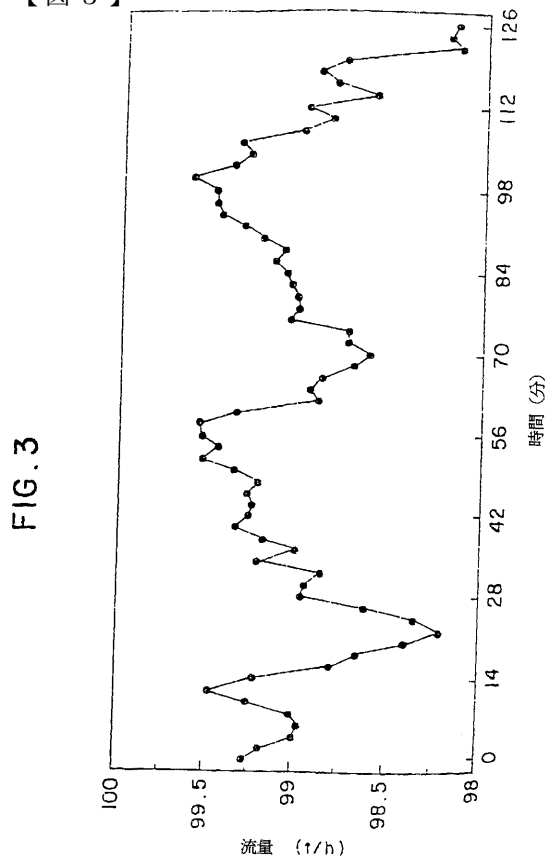
【図 2 A】



【図 2 B】

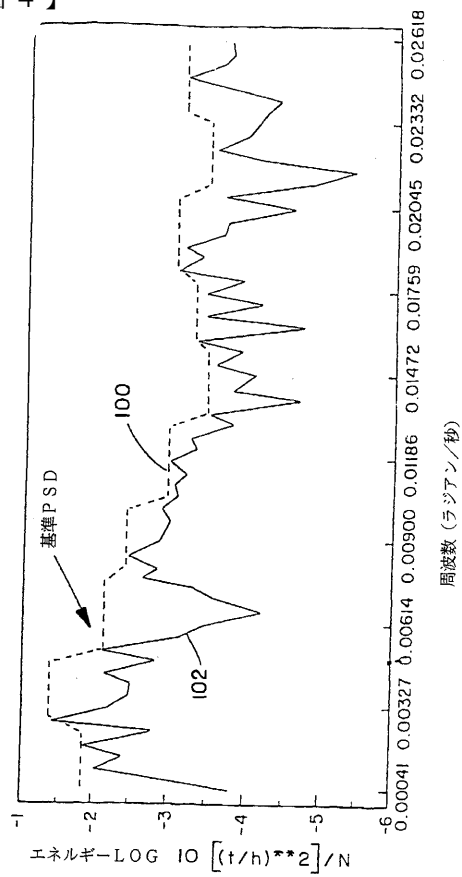


【図 3】



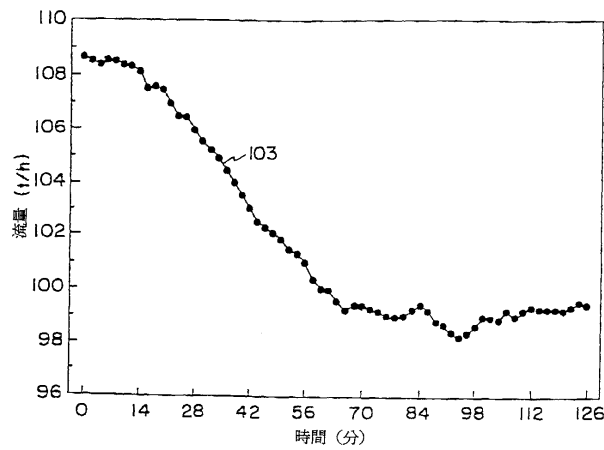
【図 4】

FIG. 4



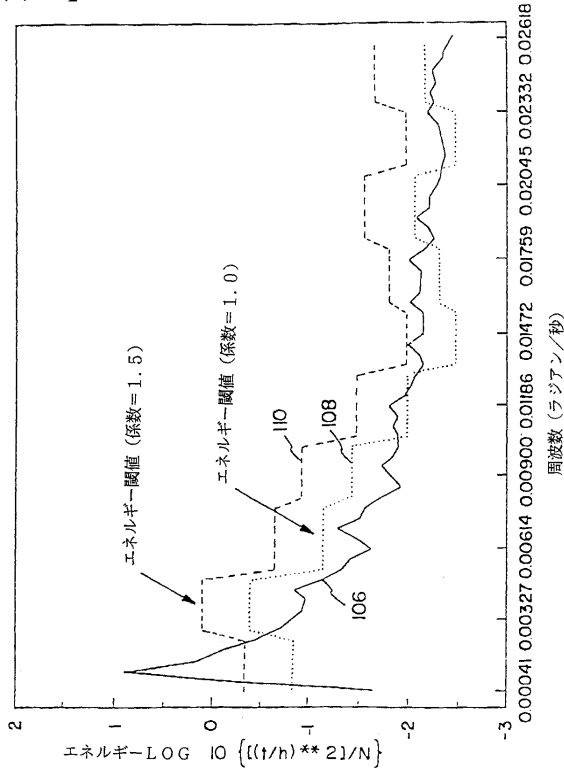
【図 5】

FIG. 5



【図 6】

FIG. 6



【図 7】

FIG. 7

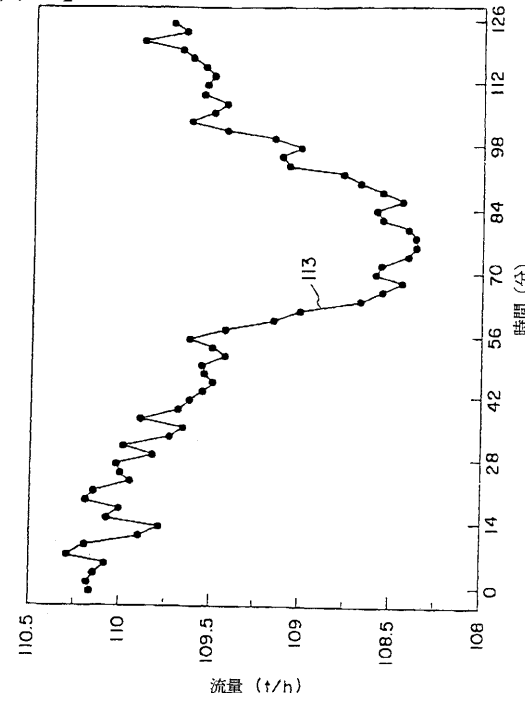
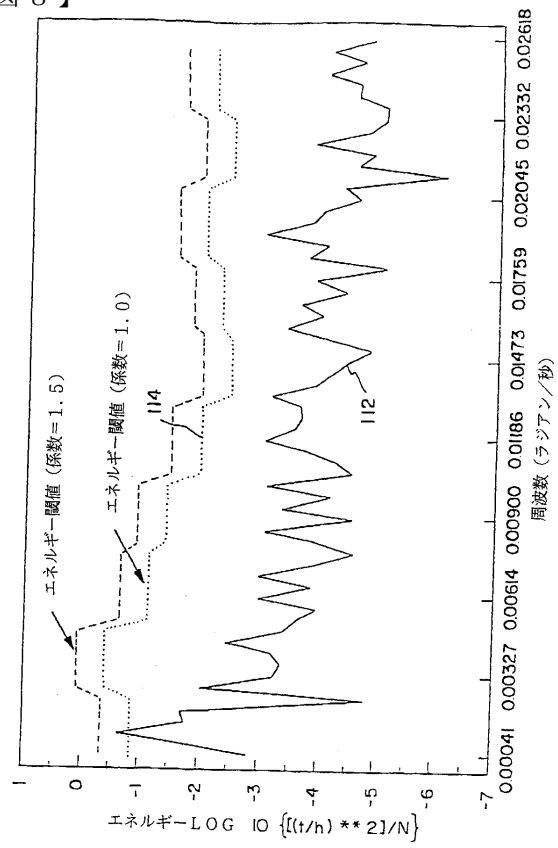


FIG. 8

【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 ニコルソン、ダグラス・ヒュー
グレートブリテンおよび北アイルランド連合王国、スコットランド、ケイワイ 12・9ワイディー
、ファイフ、ダンファームライン、レディ・ナーン・ロード 27

審査官 白石 光男

(56)参考文献 実開平06-010817 (JP, U)
特開平05-310021 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G01D 21/00
G01R 23/16