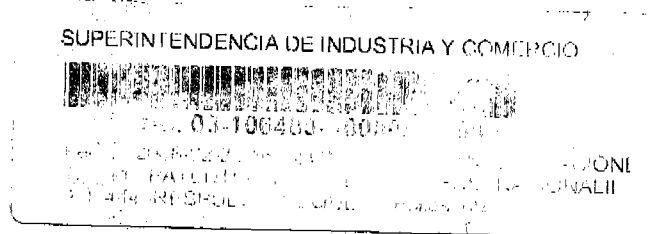


Señora Jefe
División de Nuevas Creaciones
Superintendencia de Industria y Comercio
E. S. D.



Referencia: Solicitud de privilegio para Patente de Invención PCT (Fase Nacional).
Título: Método y sistema para marcar y determinar la autenticidad de hidrocarburos líquidos.
Exp. No.: 03-106.480
Solicitante: Moshe Soschin, Uziel Ben Itzhak, Yair Grof, Sorleq, Nrc Israel Atomic Energy
Asunto: Respuesta al oficio N° 13.075 notificado el 12 de Octubre de 2007

MONICA WOLF WASSERMAN, identificada con cédula de ciudadanía No. 51'711.267 de Bogotá y con Tarjeta Profesional de Abogado No. 46.034 del Consejo Superior de la Judicatura, en mi calidad de apoderada de los Sres. MOSHE SOSCHIN, UZIEL BEN ITZHAK, YAIR GROF, y de la Sociedad SORLEQ, NRC ISRAEL ATOMIC ENERGY, dentro del plazo de prorroga, previamente solicitado, por medio de la presente me permito dar respuesta formal al oficio indicado en la referencia en los siguientes términos:

ARGUMENTOS

1. Con el objeto de solucionar las objeciones hechas por su Despacho, los solicitantes presentan nuevos capítulos Descriptivo y Reivindicatorio en los cuales se han efectuado las correcciones y aclaraciones necesarias, ninguna de las cuales implica la adición de materia nueva y se han suprimido las últimas (3) reivindicaciones.
2. Por otra parte me permito anexa nuevamente una copia del capítulo reivindicatorio, en español, como fuera modificado en respuesta al resultado de la búsqueda realizada a la solicitud PCT/IL 2002/00431.

269

- Las reivindicaciones 25 a 30 y 47 a 54, no se pueden considerar como invenciones, toda vez que se refieren a formas de procesar datos con programas de ordenadores o de soporte lógico y a formas de presentar información. Por tanto deberán eliminarse dichas reivindicaciones.

De lo anterior la(s) reivindicación(es) 25 a 30 y 47 a 54 no pueden ser consideradas invenciones.

6. Determinación del Estado de la Técnica

- La fecha que se ha tenido en cuenta para determinar el estado de la técnica es 4 de junio de 2001
- Teniendo en cuenta la fecha indicada se realizó la búsqueda en el estado de la técnica de documentos relacionados con la solicitud encontrándose los siguientes documentos más relevantes:

Nº	Documento	Título	Fecha de publicación*
D1	Cualquier libro relacionado con control de procesos i.e. Perry's chemical Engineers' handbook	Section 8. Process Control	1999
D2	US 4551154		05.11.1985
D3	US 5049743		17.09.1991

7. Análisis de patentabilidad (Artículo 14 D. 486)

Como ya se ha dicho, el solicitante refiere exclusivamente teoría de control de procesos; de acuerdo a lo observado en la solicitud, se quiere proteger un sistema para marcar fluidos, con su respectivo método, que describe:

- por lo menos un sensor para determinar un valor de al menos una propiedad del fluido,
- por lo menos un controlador del flujo del fluido para admitir una cantidad seleccionada de al menos un marcador al fluido,
- en donde la cantidad seleccionada se determina de acuerdo al mencionado valor del fluido y a la concentración determinada de al menos un marcador en dicho fluido en dicho destino.

Nótese que la teoría general de control refiere (como en la figura 8.1 del libro de Perry):

- una(s) variable(s) manipulable(s) (M) [la(s) cual(es) puede(n) ser, [según el lenguaje del solicitante] una cantidad de al menos un marcador de fluido a agregar al fluido,
- una(s) variable(s) controlada(s) (C), la(s) cual(es) puede(n) ser [según el lenguaje del solicitante] propiedad(es) del fluido determinadas por sensores
- en donde la(s) variable(s) manipulada(s) se manejan de acuerdo a los valores obtenidos en la(s) variable(s) controlada(s) teniendo en cuenta parámetros establecidos en un punto de referencia.

Como se observa, lo relacionado por la teoría general de control es exactamente lo mismo que pretende hacer el solicitante para Colombia. No existe ningún aporte real a la técnica por parte del solicitante dado que lo planteado es del conocimiento de cualquier persona que tenga conocimientos básicos de control de procesos, lo que incluye cualquier ingeniero de cualquier rama de la técnica.

De la misma forma, las autoridades de búsqueda y examen preliminar internacional citaron dos documentos que relacionan lo mismo que el solicitante quiere proteger. Remitimos al solicitante a dichos conceptos que son suficientemente claros y que esta oficina comparte.

Por consiguiente, la presente solicitud carece de los requisitos de patentabilidad para que se conceda el privilegio solicitado.

8. Conclusión:

Los requisitos de patentabilidad de la presente solicitud se encuentran afectados así:

N°	Documento N°	Reivindicaciones afectadas	Requisito que afecta
D1	Cualquier libro relacionado con control de procesos i.e. Perry's chemical Engineers' handbook	1 - 78	Novedad
			Nivel inventivo
D2	US 4551154	1 - 78	Novedad
			Nivel inventivo
D3	US 5049743	1 - 78	Novedad
			Nivel inventivo

En cumplimiento del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le indica que debe dar respuesta dentro del término de SESENTA días contados a partir de la fecha de notificación de la presente comunicación. En caso de no dar respuesta al presente requerimiento, o si a pesar de la respuesta subsistieran los impedimentos para la concesión, se denegará la patente.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Única N° 10 de 2001.


Alix Carmenza Céspedes De Vergel
Jefe de División de Nuevas Creaciones

Concepto Técnico No. 1584
Examinador Técnico 202003
El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista, de fecha 05 JUN. 2003

291 271

PERRY'S CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK SEVENTH EDITION

McGraw-Hill
New York
San Francisco
Washington, D.C.
Auckland
Bogotá
Caracas
Lisbon
London
Madrid
Mexico City
Milan
Montreal
New Delhi
San Juan
Singapore
Sydney
Tokyo
Toronto

**Prepared by a staff of specialists
under the editorial direction of**

Late Editor
Robert H. Perry

Editor
Don W. Green
Deane E. Ackers Professor of Chemical
and Petroleum Engineering,
University of Kansas

Associate Editor
James O. Maloney
Professor Emeritus of Chemical Engineering,
University of Kansas

Copyright © 1999 by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. Use of this product is subject to the terms of its license agreement. [Click here to view.](#)

272
272

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Perry's chemical engineers' handbook. — 7th ed. / prepared by a staff of specialists under the editorial direction of late editor Robert H. Perry : editor, Don W. Green : associate editor, James O'Hara Maloney.

p. cm.
Includes index.

ISBN 0-07-049841-5 (alk. paper)

I. Chemical engineering—Handbooks, manuals, etc. I. Perry, Robert H., date. II. Green, Don W. III. Maloney, James O.

TP151.P45 1997

660—dc21

96-51648

CIP

McGraw-Hill



A Division of The McGraw-Hill Companies

Copyright © 1997, 1984, 1973, 1963, 1950, 1941, 1934 by The McGraw-Hill Companies, Inc. Copyright renewed 1962, 1969 by Robert H. Perry. All rights reserved.

Printed in the United States of America. Except as permitted under the United States Copyright Act of 1976, no part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 DOW/DOW 9 0 2 1 0 9 8 7

ISBN 0-07-049841-5

INTERNATIONAL EDITION

Copyright © 1997. Exclusive rights by The McGraw-Hill Companies, Inc., for manufacture and export. This book cannot be re-exported from the country to which it is consigned by McGraw-Hill. The International Edition is not available in North America.

When ordering this title, use ISBN 0-07-115448-5.

The sponsoring editors for this book were Zoe Foundotos and Robert Esposito, the editing supervisor was Marc Campbell, and the production supervisor was Pamela A. Pelton. It was set in Caledonia by North Market Street Graphics.

Printed and bound by R. R. Donnelley & Sons Company.

This book was printed on acid-free paper.

Information contained in this work has been obtained by The McGraw-Hill Companies, Inc. ("McGraw-Hill") from sources believed to be reliable. However, neither McGraw-Hill nor its authors guarantee the accuracy or completeness of any information published herein, and neither McGraw-Hill nor its authors shall be responsible for any errors, omissions, or damages arising out of use of this information. This work is published with the understanding that McGraw-Hill and its authors are supplying information but are not attempting to render engineering or other professional services. **Copyright © 1999 by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. Use of this product is subject to the terms of its license agreement. Click here to view.**

273
273

Section 8

Process Control

Thomas F. Edgar, Ph.D., Professor of Chemical Engineering, University of Texas, Austin, TX. (Advanced Control Systems, Process Measurements, Section Editor)

Cecil L. Smith, Ph.D., Principal, Cecil L. Smith Inc., Baton Rouge, LA. (Batch Process Control, Telemetry and Transmission, Digital Technology for Process Control, Process Control and Plant Safety)

F. Greg Shinsky, B.S.Ch.E., Consultant (retired from Foxboro Co.), North Sandwich, NH. (Fundamentals of Process Dynamics and Control, Unit Operations Control)

George W. Gassman, B.S.M.E., Senior Research Specialist, Final Control Systems, Fisher Controls International, Inc., Marshalltown, IA. (Controllers, Final Control Elements, and Regulators)

Paul J. Schafbuch, Ph.D., Senior Research Specialist, Final Control Systems, Fisher Controls International, Inc., Marshalltown, IA. (Controllers, Final Control Elements, and Regulators)

Thomas J. McAvoy, Ph.D., Professor of Chemical Engineering, University of Maryland, College Park, MD. (Fundamentals of Process Dynamics and Control)

Dale E. Seborg, Ph.D., Professor of Chemical Engineering, University of California, Santa Barbara, CA. (Advanced Control Systems)

FUNDAMENTALS OF PROCESS DYNAMICS AND CONTROL

The General Control System	8-4
Feedback Control	8-4
Feedforward Control	8-4
Computer Control	8-4
Process Dynamics and Mathematical Models	8-4
Open-Loop versus Closed-Loop Dynamics	8-4
Physical Models versus Empirical Models	8-5
Nonlinear versus Linear Models	8-6
Simulation of Dynamic Models	8-6
Laplace Transforms	8-6
Transfer Functions and Block Diagrams	8-6
Continuous versus Discrete Models	8-7
Process Characteristics in Transfer Functions	8-7
Fitting Dynamic Models to Experimental Data	8-10
Feedback Control System Characteristics	8-11
Closing the Loop	8-11
On/Off Control	8-12
Proportional Control	8-12
Proportional-plus-Integral (PI) Control	8-12
Proportional-plus-Integral-plus-Derivative (PID) Control	8-12
Controller Tuning	8-13
Controller Performance Criteria	8-13
Tuning Methods Based on Known Process Models	8-14
Tuning Methods When Process Model Is Unknown	8-15

ADVANCED CONTROL SYSTEMS

Benefits of Advanced Control	8-16
Advanced Control Techniques	8-16
Feedforward Control	8-16
Cascade Control	8-18
Time-Delay Compensation	8-19
Selective and Override Control	8-19
Adaptive Control	8-20
Fuzzy Logic Control	8-21
Statistical Process Control	8-21
Multivariable Control Problems	8-22
Control Strategies for Multivariable Control Problems	8-22
Decoupling Control Systems	8-23
Pairing of Controlled and Manipulated Variables	8-23
RGA Method for 2 x 2 Control Problems	8-24
RGA Example	8-24
Model Predictive Control	8-25
Introduction	8-25
Advantages and Disadvantages of MPC	8-25
Economic Incentives for Automation Projects	8-25
Basic Features of MPC	8-25
Implementation Issues	8-27
Integration of MPC and On-Line Optimization	8-27
Real-Time Process Optimization	8-27
Essential Features of Optimization Problems	8-28

8-2 PROCESS CONTROL

Development of Process (Mathematical) Models	8-28
Formulation of the Objective Function	8-29
Unconstrained Optimization	8-30
Single Variable Optimization	8-30
Multivariable Optimization	8-30
Constrained Optimization	8-30
Nonlinear Programming	8-31
Expert Systems	8-31

UNIT OPERATIONS CONTROL

Process and Instrumentation Diagrams	8-31
Control of Heat Exchangers	8-32
Steam-Heated Exchangers	8-32
Exchange of Sensible Heat	8-32
Distillation Column Control	8-33
Controlling Quality of a Single Product	8-33
Controlling Quality of Two Products	8-33
Chemical Reactors	8-33
Composition Control	8-33
Temperature Control	8-35
Controlling Evaporators	8-35
Drying Operations	8-36

BATCH PROCESS CONTROL

Batch versus Continuous Processes	8-37
Batches and Recipes	8-38
Routing and Production Monitoring	8-39
Production Scheduling	8-39
Batch Automation Functions	8-39
Interlocks	8-39
Discrete Device States	8-39
Process States	8-40
Regulatory Control	8-40
Sequence Logic	8-41
Batch Production Facilities	8-41
Plant	8-42
Equipment Suite	8-42
Process Unit or Batch Unit	8-42
Item of Equipment	8-42
Device	8-42
Structured Batch Logic	8-42
Product Technology	8-42
Process Technology	8-42

PROCESS MEASUREMENTS

General Considerations	8-43
Continuous Measurements	8-43
Accuracy and Repeatability	8-43
Dynamics of Process Measurements	8-44
Selection Criteria	8-44
Calibration	8-45
Temperature Measurements	8-45
Thermocouples	8-45
Resistance Thermometers	8-45
Thermistors	8-45
Filled-System Thermometers	8-46
Bimetal Thermometers	8-46
Pyrometers	8-46
Accuracy of Pyrometers	8-47
Pressure Measurements	8-47
Liquid-Column Methods	8-47
Elastic-Element Methods	8-47
Electrical Methods	8-48
Flow Measurements	8-48
Orifice Meter	8-48
Venturi Meter	8-48
Rotameter	8-48
Turbine Meter	8-48
Vortex-Shedding Flowmeters	8-48
Ultrasonic Flowmeters	8-49
Magnetic Flowmeters	8-49
Coriolis Mass Flowmeters	8-49
Level Measurements	8-49
Float-Actuated Devices	8-49
Head Devices	8-49
Electrical Methods	8-49
Thermal Methods	8-50
Sonic Methods	8-50
Physical Property Measurements	8-50
Density and Specific Gravity	8-50
Viscosity	8-50

Refractive-Index	8-50
Dielectric Constant	8-50
Thermal Conductivity	8-50
Chemical Composition Analyzers	8-50
Chromatographic Analyzers	8-51
Infrared Analyzers	8-51
Ultraviolet and Visible-Radiation Analyzers	8-51
Paramagnetism	8-51
Electroanalytical Instruments	8-51
Conductometric Analysis	8-51
Measurement of pH	8-51
Specific-Ion Electrodes	8-51
Moisture Measurement	8-51
Dew-Point Method	8-51
Piezoelectric Method	8-52
Capacitance Method	8-52
Oxide Sensors	8-52
Photometric Moisture Analysis	8-52
Other Transducers	8-52
Gear Train	8-52
Differential Transformer	8-52
Hall-Effect Sensors	8-52
Sampling Systems for Process Analyzers	8-52
Selecting the Sampling Point	8-52
Sample Withdrawal from Process	8-52
Sample Transport	8-53
Sample Conditioning	8-53

TELEMETERING AND TRANSMISSION

Analog Signal Transmission	8-53
Digital Systems	8-53
Analog Input and Outputs	8-53
Pulse Inputs	8-54
Serial Interfaces	8-54
Microprocessor-Based Transmitters	8-54
Transmitter/Actuator Networks	8-54
Filtering and Smoothing	8-55
Alarms	8-55

DIGITAL TECHNOLOGY FOR PROCESS CONTROL

Hierarchy of Information Systems	8-56
Measurement Devices and Actuators	8-56
Regulatory Controls	8-57
Supervisory Controls	8-57
Production Controls	8-57
Corporate Information Systems	8-57
Distributed Control Systems	8-57
Distributed Database and the Database Manager	8-58
Historical Database Subsystem	8-59
Process Control Language	8-59
Single-Loop Controls	8-59
Programmable Logic Controllers	8-60
Intercomputer Communications	8-60

CONTROLLERS, FINAL CONTROL ELEMENTS, AND REGULATORS

Electronic and Pneumatic Controllers	8-61
Electronic Controllers	8-61
Pneumatic Controllers	8-62
Control Valves	8-64
Valves	8-64
Special Application Valves	8-65
Actuators	8-66
Valve-Control Devices	8-67
Valve Application Technology	8-73
Other Process Valves	8-77
Valves for On/Off Applications	8-77
Pressure Relief Valves	8-78
Check Valves	8-78
Adjustable Speed Pumps	8-79
Regulators	8-79
Self-Operated Regulators	8-80
Pilot-Operated Regulators	8-81
Over-Pressure Protection	8-81

PROCESS CONTROL AND PLANT SAFETY

Role of Automation in Plant Safety	8-81
Integrity of Process Control Systems	8-82
Considerations in Implementation of Safety Interlock Systems	8-82
Interlocks	8-83
Testing	8-84

273
245

Nomenclature

Symbol	Definition	Symbol	Definition
A	Area	R_r	Set point
A_a	Actuator area	R_T	Resistance in temperature sensor
A_c	Amplitude of controlled variable	R_v	Valve resistance
A_m	Output amplitude limits	s	Laplace transform variable
A_n	Cross sectional area of valve	s	Search direction
A_t	Cross sectional area of tank	S_i	Step response coefficient
b	Controller output bias	t	Time
B	Bottoms flow rate	T	Temperature
B_i	Limit on control	T_b	Base temperature
c, C	Controlled variable	T_f	Exhaust temperature
c_A	Concentration of A	T_R	Reset time
C_d	Discharge coefficient	u	Controller output
C_i	Inlet concentration	U	Heat transfer coefficient
C_i^*	Limit on control move	V	Volume
C_L	Specific heat of liquid	V_i	Product value
C_n	Integration constant	w	Mass flow rate
C_r	Heat capacity of reactants	w_i	Weighting factor
C_v	Valve flow coefficient	W	Steam flow rate
D	Distillate flow rate	x	Mass fraction
D_i	Limit on output	x_i	Optimization variable
$D(s)$	Decoupler transfer function	x_T	Pressure drop ratio factor
e	Error	X	Transform of deviation variable
E	Economy of evaporator	y	Process output, controlled variable, valve travel
f	Function of time	Y	Controller tuning law, expansion factor
F_f	Feed flow rate	z	z-transform variable
F_L	Pressure recovery factor	z_i	Feed mole fraction (distillation)
g	Unit conversion constant	Z	Compressibility factor
g_i	Algebraic inequality constraint		
G	Transfer function		Greek symbols
G_c	Controller transfer function	α	Digital filter coefficient
G_f	Feedforward controller transfer function	α_T	Temperature coefficient of resistance
G_L	Load transfer function	β	Resistance thermometer parameter
G_m	Sensor transfer function	γ	Ratio of specific heats
G_p	Process transfer function	δ	Move suppression factor
G_T	Transmitter transfer function	Δq	Load step change
G_v	Valve transfer function	Δt	Time step
h	Algebraic equality constraints	ΔT	Temperature change
h_1	Liquid head in tank	Δu	Control move
H	Latent heat of vaporization	ϵ	Spectral emissivity, step size
i	Summation index	ζ	Damping factor (second order system)
I_i	Impulse response coefficient	θ	Time delay
j	Time index	λ	Relative gain array parameter, wavelength
J	Objective function or performance index	Λ	Relative gain array
k	Time index	ξ	Deviation variable
k_f	Flow coefficient	ρ	Density
k_r	Kinetic rate constant	σ	Stefan-Boltzmann constant
K	Gain	Σ_i	Total response time
K_c	Controller gain	τ	Time constant
K_L	Load transfer function gain	τ_D	Derivative time (PID controller)
K_m	Measurement gain	τ_F	Filter time constant
K_p	Process gain	τ_I	Integral time (PID controller)
K_u	Ultimate controller gain (stability)	τ_L	Load time constant
L	Disturbance or load variable	τ_n	Natural period of closed loop
L_p	Sound pressure level	τ_p	Process time constant
m, M	Manipulated variable	τ_o	Period of oscillation
m_c	Number of constraints	ϕ_M	Phase lag
M_o	Mass flow		
M_r	Mass of reactants		Subscripts
M_w	Molecular weight	A	Species A
n	Number of data points, number of stages or effects	b	Best
N	Number of inputs/outputs, model horizon	c	Controller
p_i	Pressure	eff	Effective
p_a	Actuator pressure	F	Feedforward
p_v	Vapor pressure	i	Initial, inlet
P	Proportional band (%)	L	Load, disturbance
P_u	Proportional band (ultimate)	m	Measurement or sensor
q	Radiated energy flux	p	Process
q_b	Energy flux to a black body	s	Steady state
Q_a	Flow rate	set	Set point value
r_c	Number of constraints	t	Transmitter
R	Equal percentage valve characteristic	u	Ultimate
		v	Valve

FUNDAMENTALS OF PROCESS DYNAMICS AND CONTROL

THE GENERAL CONTROL SYSTEM

A process is shown in Fig. 8-1 with a manipulated input M , a load input L , and a controlled output C , which could be flow, pressure, liquid level, temperature, composition, or any other inventory, environmental, or quality variable that is to be held at a desired value identified as the set point R . The load may be a single variable or aggregate of variables acting either independently or manipulated for other purposes, affecting the controlled variable much as the manipulated variable does. Changes in load may occur randomly as caused by changes in weather, diurnally with ambient temperature, manually when operators change production rate, stepwise when equipment is switched in or out of service, or cyclically as the result of oscillations in other control loops. Variations in load will drive the controlled variable away from set point, requiring a corresponding change in the manipulated variable to bring it back. The manipulated variable must also change to move the controlled variable from one set point to another.

An open-loop system positions the manipulated variable either manually or on a programmed basis, without using any process measurements. This operation is acceptable for well-defined processes without disturbances. An automanual transfer switch is provided to allow manual adjustment of the manipulated variable in case the process or the control system is not performing satisfactorily.

A closed-loop system uses the measurement of one or more process variables to move the manipulated variable to achieve control. Closed-loop systems may include feedforward, feedback, or both.

Feedback Control In a feedback control loop, the controlled variable is compared to the set point R , with the difference, deviation, or error e acted upon by the controller to move m in such a way as to minimize the error. This action is specifically negative feedback, in that an increase in deviation moves m so as to decrease the deviation. (Positive feedback would cause the deviation to expand rather than diminish and therefore does not regulate.) The action of the controller is selectable to allow use on process gains of both signs.

The controller has tuning parameters related to proportional, integral, derivative, lag, deadtime, and sampling functions. A negative feedback loop will oscillate if the controller gain is too high, but if it is too low, control will be ineffective. The controller parameters must be properly related to the process parameters to ensure closed-loop stability while still providing effective control. This is accomplished first by the proper selection of control modes to satisfy the requirements of the process, and second by the appropriate tuning of those modes.

Feedforward Control A feedforward system uses measurements of disturbance variables to position the manipulated variable in such a way as to minimize any resulting deviation. The disturbance

variables could be either measured loads or the set point, the former being more common. The feedforward gain must be set precisely to offset the deviation of the controlled variable from the set point.

Feedforward control is usually combined with feedback control to eliminate any offset resulting from inaccurate measurements and calculations and unmeasured load components. The feedback controller can either bias or multiply the feedforward calculation.

Computer Control Computers have been used to replace analog PID controllers, either by setting set points of lower level controllers in supervisory control, or by driving valves directly in direct digital control. Single-station digital controllers perform PID control in one or two loops, including computing functions such as mathematical operations, characterization, lags, and deadtime, with digital logic and alarms. Distributed control systems provide all these functions, with the digital processor shared among many control loops; separate processors may be used for displays, communications, file servers, and the like. A host computer may be added to perform high-level operations such as scheduling, optimization, and multivariable control. More details on computer control are provided later in this section.

PROCESS DYNAMICS AND MATHEMATICAL MODELS

GENERAL REFERENCES: Seborg, Edgar, and Mellichamp, *Process Dynamics and Control*, Wiley, New York, 1989; Marlin, *Process Control*, McGraw-Hill, New York, 1995; Ogata and Ray, *Process Dynamics Modeling and Control*, Oxford University Press, New York, 1994; Smith and Corripio, *Principles and Practices of Automatic Process Control*, Wiley, New York, 1985

Open-Loop versus Closed-Loop Dynamics It is common in industry to manipulate coolant in a jacketed reactor in order to control conditions in the reactor itself. A simplified schematic diagram of such a reactor control system is shown in Fig. 8-2. Assume that the reactor temperature is adjusted by a controller that increases the coolant flow in proportion to the difference between the desired reactor temperature and the temperature that is measured. The proportionality constant is K_c . If a small change in the temperature of the inlet stream occurs, then depending on the value of K_c , one might observe the reactor temperature responses shown in Fig. 8-3. The top plot shows the case for no control ($K_c = 0$), which is called the open loop, or the normal dynamic response of the process by itself. As K_c increases, several effects can be noted. First, the reactor temperature responds faster and faster. Second, for the initial increases in K_c , the maximum deviation in the reactor temperature becomes smaller. Both of these effects are desirable so that disturbances from normal operation have

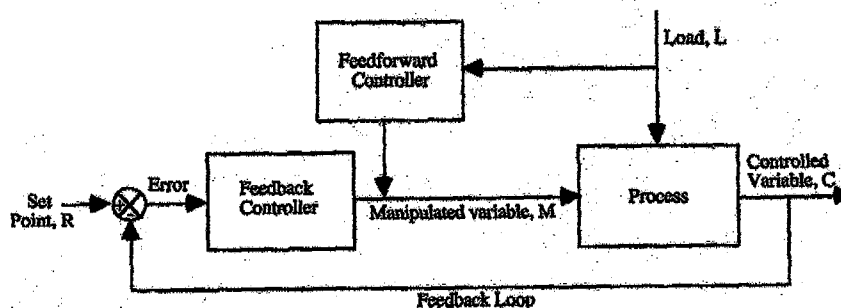


FIG. 8-1 Block diagram for feedforward and feedback control.

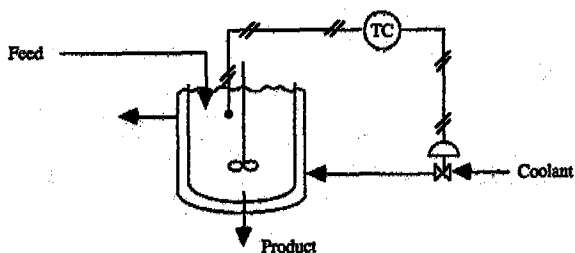


FIG. 8-2 Reactor control system.

as small an effect as possible on the process under study. As the gain is increased further, eventually a point is reached where the reactor temperature oscillates indefinitely, which is undesirable. This point is called the stability limit, where $K_c = K_u$, the ultimate controller gain. Increasing K_c further causes the magnitude of the oscillations to increase, with the result that the control valve will cycle between full open and closed.

The responses shown in Fig. 8-3 are typical of the vast majority of regulatory loops encountered in the process industries. Figure 8-3 shows that there is an optimal choice for K_c , somewhere between 0 (no control) and K_u (stability limit). If one has a dynamic model of a process, then this model can be used to calculate controller settings. In Fig. 8-3, no time scale is given, but rather the figure shows relative responses. A well-designed controller might be able to speed up the response of a process by a factor of roughly two to four. Exactly how fast the control system responds is determined by the dynamics of the process itself.

Physical Models versus Empirical Models In developing a dynamic process model, there are two distinct approaches that can be

taken. The first involves models based on first principles, called physical models, and the second involves empirical models. The conservation laws of mass, energy, and momentum form the basis for developing physical models. The resulting models typically involve sets of differential and algebraic equations that must be solved simultaneously. Empirical models, by contrast, involve postulating the form of a dynamic model, usually as a transfer function, which is discussed below. This transfer function contains a number of parameters that need to be estimated. For the development of both physical and empirical models, the most expensive step normally involves verification of their accuracy in predicting plant behavior.

To illustrate the development of a physical model, a simplified treatment of the reactor, shown in Fig. 8-2 is used. It is assumed that the reactor is operating isothermally and that the inlet and exit volumetric flows and densities are the same. There are two components, A and B, in the reactor, and a single first order reaction of $A \rightarrow B$ takes place. The inlet concentration of A, which we shall call c_i , varies with time. A dynamic mass balance for the concentration of A (c_A) can be written as follows:

$$V \frac{dc_A}{dt} = Fc_i - Fc_A - k_r V c_A \quad (8-1)$$

In Eq. (8-1), the flow in of A is Fc_i , the flow out is Fc_A , and the loss via reaction is $k_r V c_A$, where V = reactor volume and k_r = kinetic rate constant. In this example, c_i is the input, or forcing variable, and c_A is the output variable. If V , F , and k_r are constant, Eq. (8-1) can be rearranged by dividing by $(F + k_r V)$ so that it only contains two groups of parameters. The result is:

$$\tau \frac{dc}{dt} = Kc_i - c_A \quad (8-2)$$

where $\tau = V/(F + k_r V)$ and $K = F/(F + k_r V)$. For this example, the resulting model is a first-order differential equation in which τ is called the **time constant** and K the **process gain**.

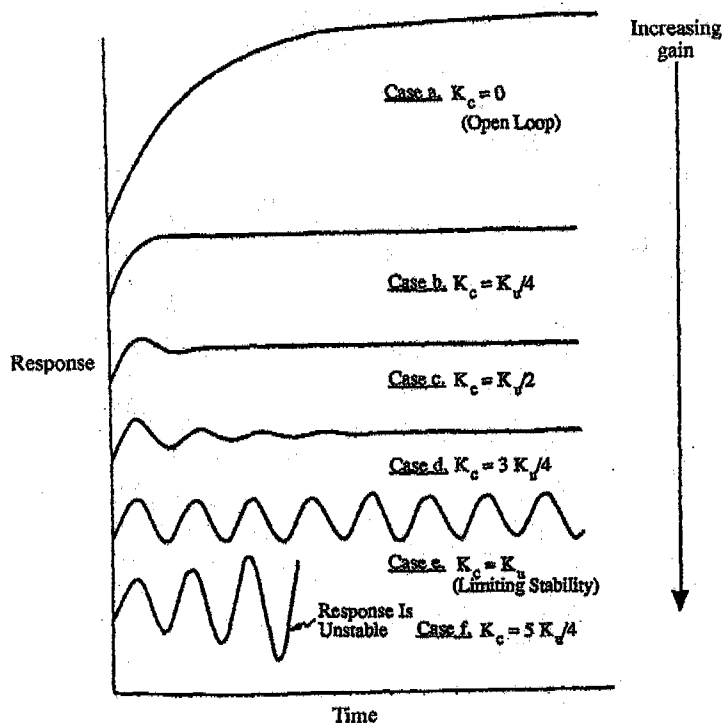


FIG. 8-3 Typical control system responses.

As an alternative to deriving Eq. (8-2) from a dynamic mass balance, one could simply postulate a first-order differential equation to be valid (empirical modeling). Then it would be necessary to estimate values for τ and K so that the postulated model described the reactor's dynamic response. The advantage of the physical model over the empirical model is that the physical model gives insight into how reactor parameters affect the values of τ , and K , which in turn affects the dynamic response of the reactor.

Nonlinear versus Linear Models If V , F , and k are constant, then Eq. (8-1) is an example of a linear differential equation model. In a linear equation, the output and input variables and their derivatives only appear to the first power. If the rate of reaction were second order, then the resulting dynamic mass balance would be:

$$V \frac{dc_A}{dt} = Fc_i - Fc_A - k_r V c_A^2 \quad (8-3)$$

Since c_A appears in this equation to the second power, the equation is nonlinear.

The difference between linear systems and nonlinear systems can be seen by considering the steady state behavior of Eq. (8-1) compared to Eq. (8-3) (the left-hand side is zero; i.e., $dc_A/dt = 0$). For a given change in c_i , Δc_i , the change in c_A calculated from Eq. (8-1), or Δc_A , is always proportional to Δc_i , and the proportionality constant is K [see Eq. (8-2)]. The change in the output of a system divided by a change in the input to the system is called the *process gain*. Linear systems have constant process gains for all changes in the input. By contrast, Eq. (8-3) gives a Δc_A that varies in proportion to Δc_i but with the proportionality factor being a function of the concentration levels in the reactor. Thus, depending on where the reactor operates, a change in c_i produces different changes in c_A . In this case, the process has a nonlinear gain. Systems with nonlinear gains are more difficult to control than linear systems that have constant gains.

Simulation of Dynamic Models Linear dynamic models are particularly useful for analyzing control-system behavior. The insight gained through linear analysis is invaluable. However, accurate dynamic process models can involve large sets of nonlinear equations. Analytical solution of these models is not possible. Thus, in these cases, one must turn to simulation approaches to study process dynamics and the effect of process control. Equation (8-3) will be used to illustrate the simulation of nonlinear processes. If dc_A/dt on the left-hand side of Eq. (8-3) is replaced with its finite difference approximation, one gets:

$$c_A(t + \Delta t) = \frac{c_A(t) + \Delta t \cdot [F c_i(t) - F c_A(t) - k_r V c_A(t)^2]}{V} \quad (8-4)$$

Starting with an initial value of c_A and knowing $c_i(t)$, Eq. (8-4) can be solved for $c_A(t + \Delta t)$. Once $c_A(t + \Delta t)$ is known, the solution process can be repeated to calculate $c_A(t + 2\Delta t)$, and so on. This approach is called the Euler integration method; while it is simple, it is not necessarily the best approach to numerically integrating nonlinear differential equations. To achieve accurate solutions with an Euler approach, one often needs to take small steps in time, Δt . A number of more sophisticated approaches are available that allow much larger step sizes to be taken but require additional calculations. One widely used approach is the fourth-order Runge Kutta method, which involves the following calculations:

define $f(c_A, t) = \frac{F c_i(t) - F c_A - k_r V c_A^2}{V} \quad (8-5)$

then $c_A(t + \Delta t) = c_A(t) + \Delta t(m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4) \quad (8-6)$

with $m_1 = f[c_A(t), t] \quad (8-7)$

$$m_2 = f\left[c_A(t) + \frac{m_1 \Delta t}{2}, t + \frac{\Delta t}{2}\right] \quad (8-8)$$

$$m_3 = f\left[c_A(t) + \frac{m_2 \Delta t}{2}, t + \frac{\Delta t}{2}\right] \quad (8-9)$$

$$m_4 = f[c_A(t) + m_3 \Delta t, t + \Delta t] \quad (8-10)$$

In this method, the m_i 's are calculated sequentially in order to take a step in time. Even though this method requires calculation of the four additional m_i values, for equivalent accuracy the fourth-order Runge Kutta method can result in a faster numerical solution, since a larger step, Δt , can be taken with it. Increasingly sophisticated simulation packages are being used to calculate the dynamic behavior of processes and test control system behavior. These packages have good user interfaces, and they can handle stiff systems where some variables respond on a time scale that is much faster or slower than other variables. A simple Euler approach cannot effectively handle stiff systems, which frequently occur in chemical-process models.

Laplace Transforms When mathematical models are used to describe process dynamics in conjunction with control-system analysis, the models generally involve linear differential equations. Laplace transforms are very effective for solving linear differential equations. The key advantage of using Laplace transforms is that they convert differential equations into algebraic equations. The resulting algebraic equations are easier to solve than the original differential equations. When the Laplace transform is applied to a linear differential equation in time, the result is an algebraic equation in a new variable, s , called the Laplace variable. To get the solution to the original differential equation, one needs to invert the Laplace transform. Table 8-1 gives a number of useful Laplace transform pairs, and more extensive tables are available (Seborg, Edgar, and Mellichamp, *Process Dynamics and Control*, Wiley, New York, 1989).

To illustrate how Laplace transforms work, consider the problem of solving Eq. (8-2), subject to the initial condition that $c_A = 0$ at $t = 0$, and c_i is constant. If c_A were not initially zero, one would define a deviation variable between c_A and its initial value ($c_A - c_{A0}$). Then the transfer function would be developed using this deviation variable. Taking the Laplace transform of both sides of Eq. (8-2) gives:

$$\mathcal{L}\left(\tau \frac{dc_A}{dt}\right) = \mathcal{L}(K c_i) - \mathcal{L}(c_A) \quad (8-11)$$

Denoting the $\mathcal{L}(c)$ as $C_A(s)$ and using the relationships in Table 8-1 gives:

$$\tau s C_A(s) = \frac{K c_i}{s} - C_A(s) \quad (8-12)$$

Equation (8-12) can be solved for C_A to give:

$$C_A(s) = \frac{K c_i / s}{\tau s + 1} \quad (8-13)$$

Using the entries in Table 8-1, Eq. (8-13) can be inverted to give the transient response of c_A as:

$$c_A(t) = (K c_i)(1 - e^{-t/\tau}) \quad (8-14)$$

Equation (8-14) shows that c_A starts from 0 and builds up exponentially to a final concentration of $K c_i$. Note that to get Eq. (8-14), it was only necessary to solve the algebraic Eq. (8-12) and then find the inverse of $C_A(s)$ in Table 8-1. The original differential equation was not solved directly. In general, techniques such as partial fraction expansion must be used to solve higher order differential equations with Laplace transforms.

Transfer Functions and Block Diagrams A very convenient and compact method of representing the process dynamics of linear systems involves the use of transfer functions and block diagrams. A transfer function can be obtained by starting with a physical model as

TABLE 8-1 Frequently Used Laplace Transforms

Time function, $f(t)$	Transform, $F(s)$
A	A/s
$A t$	A/s^2
$A e^{-at}$	$A/(s + a)$
$A(1 - e^{-at})$	$A/[s(s + a)]$
$A \sin(\omega t)$	$A\omega/(s^2 + \omega^2)$
$f(t - \theta)$	$e^{-s\theta} F(s)$
df/dt	$sF(s) - f(0)$
$\int f(t) dt$	$F(s)/s$

279
279

discussed previously. If the physical model is nonlinear, then it first needs to be linearized around an operating point. The resulting linearized model is then approximately valid in a region around this operating point. To illustrate how transfer functions are developed, Eq. (8-2) will again be used. First, one defines deviation variables, which are the process variables minus their steady state values at the operating point. For Eq. (8-2), there would be deviation variables for both c_A and c_B , and these are defined as:

$$\xi = c_A - c_{A_s} \quad (8-15)$$

$$\xi_B = c_B - c_{B_s} \quad (8-16)$$

where the subscript s stands for steady state. Substitution of Eq. (8-15) and (8-16) into Eq. (8-2) gives:

$$\tau \frac{d\xi}{dt} = K\xi - \xi + (Kc_{B_s} - c_{B_s}) \quad (8-17)$$

The term in parentheses in Eq. (8-17) is zero at steady state and thus it can be dropped. Next the Laplace transform is taken, and the resulting algebraic equation solved. Denoting $X(s)$ as the Laplace transform of ξ and $X_B(s)$ as the transform of ξ_B , the final transfer function can be written as:

$$\frac{X}{X_B} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (8-18)$$

Equation (8-18) is an example of a first-order transfer function. As mentioned above, an alternative to formally deriving Eq. (8-18) involves simply postulating its form and then identifying its two parameters, the process gain K and time constant τ , to fit the process under study. In fitting the parameters, data can be generated by forcing the process. If step forcing is used, then the resulting response is called the **process reaction curve**. Often transfer functions are placed in block diagrams, as shown in Fig. 8-4. Block diagrams show how changes in an input variable affect an output variable. Block diagrams are a means of concisely representing the dynamics of a process under study. Since linearity is assumed in developing a block diagram, if more than one variable affects an output, the contributions from each can be added together.

Continuous versus Discrete Models The preceding discussion has focused on systems where variables change continuously with time. Most real processes have variables that are continuous in nature, such as temperature, pressure, and flow. However, some processes involve discrete events, such as the starting or stopping of a pump. In addition, modern plants are controlled by digital computers, which are discrete by nature. In controlling a process, a digital system samples variables at a fixed rate, and the resulting system is a sampled data system. From one sampling instant until the next, variables are assumed to remain fixed at their sampled values. Similarly, in controlling a process, a digital computer sends out signals to control elements, usually valves, at discrete instants of time. These signals remain fixed until the next sampling instant.

Figure 8-5 illustrates the concept of sampling a continuous function. At integer values of the sampling rate, Δt , the value of the variable to be sampled is measured and held until the next sampling instant. To deal with sampled data systems, the z transform has been developed. The z transform of the function given in Fig. 8-5 is defined as

$$Z(f) = \sum_{n=0}^{\infty} f(n \Delta t) z^{-n} \quad (8-19)$$



FIG. 8-4 First-order transfer function.

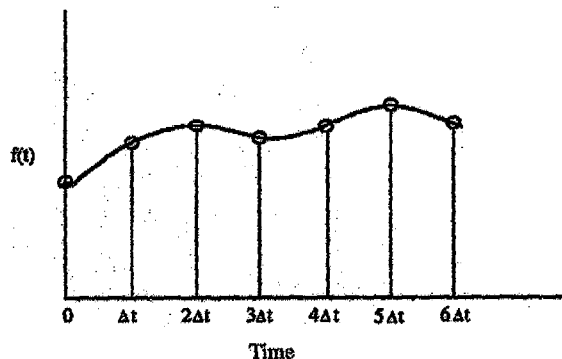


FIG. 8-5 Sampled data example.

In an analogous manner to Laplace transforms, one can develop transfer functions in the z domain as well as block diagrams. Tables of z transform pairs have been published (Seborg, Edgar, and Mellichamp, *Process Dynamics and Control*, Wiley, New York, 1989) so that the discrete transfer functions can be inverted back to the time domain. The inverse gives the value of the function at the discrete sampling instants. Sampling a continuous variable results in a loss of information. However, in practical applications, sampling is fast enough that the loss is typically insignificant and the difference between continuous and discrete modeling is small in terms of its effect on control. Increasingly, model predictive controllers that make use of discrete dynamic models are being used in the process industries. The purpose of these controllers is to guide a process to optimum operating points. These model predictive control algorithms are typically run at much slower sampling rates than are used for basic control loops such as flow control or pressure control. The discrete dynamic models used are normally developed from data generated from plant testing as discussed hereafter. For a detailed discussion of modeling sampled data systems, the interested reader is referred to textbooks on digital control (Astrom and Wittenmark, *Computer Controlled Systems*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984).

Process Characteristics in Transfer Functions In many cases, process characteristics are expressed in the form of transfer functions. In the previous discussion, a reactor example was used to illustrate how a transfer function could be derived. Here, another system involving flow out of a tank, shown in Fig. 8-6, is considered.

Proportional Element First, consider the outflow through the exit valve on the tank. If the flow through the line is turbulent, then Bernoulli's equation can be used to relate the flow rate through the valve to the pressure drop across the valve as:

$$f_1 = k_f A_v \sqrt{2g_c(h_1 - h_0)} \quad (8-20)$$

where f_1 = flow rate, k_f = flow coefficient, A_v = cross sectional area of the restriction, g_c = constant, h_1 = liquid head in tank, and h_0 = atmo-

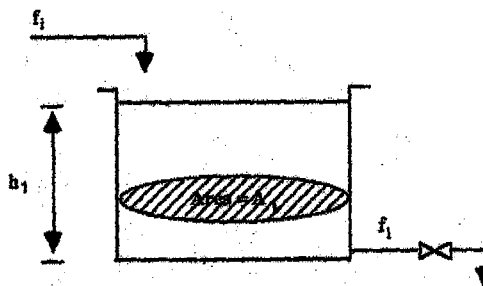


FIG. 8-6 Single tank with exit valve.

8-8 PROCESS CONTROL

spheric pressure. This relationship between flow and head is nonlinear, and it can be linearized around a particular operating point to give:

$$f_1 - f_{1s} = \left(\frac{1}{R_1} \right) (h_1 - h_{1s}) \quad (8-21)$$

where $R_1 = f_{1s} / (g_c k_f^2 A^2)$ is called the resistance of the valve in analogy with an electrical resistance. The transfer function relating changes in flow to changes in head is shown in Fig. 8-7, and it is an example of a pure gain system with no dynamics. In this case, the process gain is $K = 1/R_1$. Such a system has an instantaneous dynamic response, and for a step change in head, there is an immediate step change in flow, as shown in Fig. 8-8. The exact magnitude of the step in flow depends on the operating flow, f_{1s} , as the definition of R_1 shows.

First-Order Lag (Time Constant Element) Next consider the system to be the tank itself. A dynamic mass balance on the tank gives:

$$A_1 \frac{dh_1}{dt} = f_1 - f_1 \quad (8-22)$$

where A_1 is the cross sectional area of the tank and f_1 is the inlet flow. By substituting Eq. (8-21) into Eq. (8-22), and following the approach discussed above for deriving transfer functions, one can develop the transfer function relating changes in h_1 to changes in f_1 . The resulting transfer function is another example of a first-order system, shown in Fig. 8-4, and it has a gain, $K = R_1$, and a time constant, $\tau_1 = R_1 A_1$. For a step change in f_1 , h_1 follows a decaying exponential response from its initial value, h_{1s} , to a final value of $h_{1s} + R_1 \Delta f_1$ (Fig. 8-9). At a time equal to τ_1 , the transient in h_1 is 63 percent finished; and at $3\tau_1$, the response is 95 percent finished. These percentages are the same for all first-order processes. Thus, knowledge of the time constant of a first-order process gives insight into how fast the process responds to sudden input changes.

Capacity Element Now consider the case where the valve in Fig. 8-7 is replaced with a pump. In this case, it is reasonable to assume that the exit flow from the tank is independent of the level in the tank. For such a case, Eq. (8-22) still holds, except that f_1 no longer depends on h_1 . For changes in f_1 , the transfer function relating changes in h_1 to changes in f_1 is shown in Fig. 8-10. This is an example of a pure capacity process, also called an integrating system. The cross sectional area of the tank is the chemical process equivalent of an electrical capacitor. If the inlet flow is step forced while the outlet is held



FIG. 8-7 Proportional element transfer function.

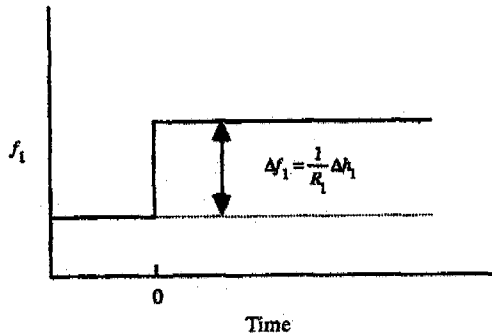


FIG. 8-8 Response of proportional element.

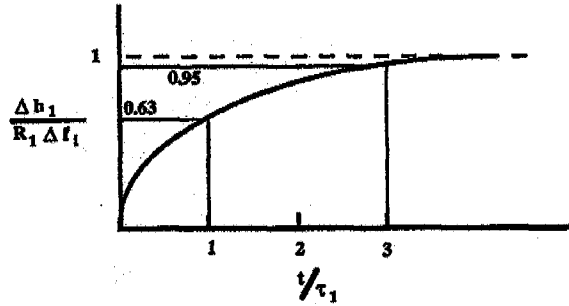


FIG. 8-9 Response of first-order system.

constant, then the level builds up linearly as shown in Fig. 8-11. Eventually the liquid would overflow the tank.

Second-Order Element Because of their linear nature, transfer functions can be combined in a straightforward manner. Consider the two tank system shown in Fig. 8-12. For tank 1, the transfer function relating changes in f_1 to changes in f_1 can be obtained by combining two first order transfer functions to give:

$$\frac{F_1(s)}{F_1(s)} = \frac{1}{R_1 A_1 s + 1} \quad (8-23)$$

Since f_1 is the inlet flow to tank 2, the transfer function relating changes in h_2 to changes in f_1 has the same form as that given in Fig. 8-4:

$$\frac{H_2(s)}{F_1(s)} = \frac{R_2}{A_2 R_2 s + 1} \quad (8-24)$$

Equations (8-23) and (8-24) can be multiplied together to give the final transfer function relating changes in h_2 to changes in f_1 as shown in Fig. 8-13. This is an example of a second-order transfer function. This transfer function has a gain $R_1 R_2$ and two time constants, $R_1 A_1$ and $R_2 A_2$. For two equal tanks, a step change in f_1 produces the S-shaped response in level in the second tank shown in Fig. 8-14.

General Second-Order Element Figure 8-3 illustrates the fact that closed loop systems often exhibit oscillatory behavior. A general

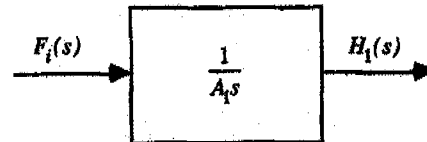


FIG. 8-10 Pure capacity transfer function.

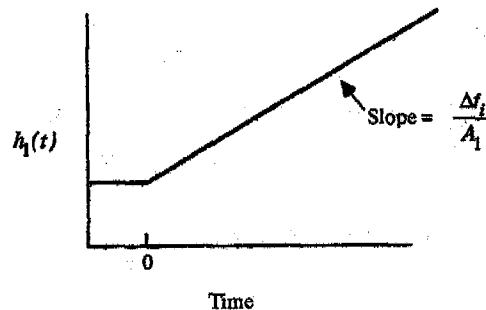


FIG. 8-11 Response of pure capacity system.

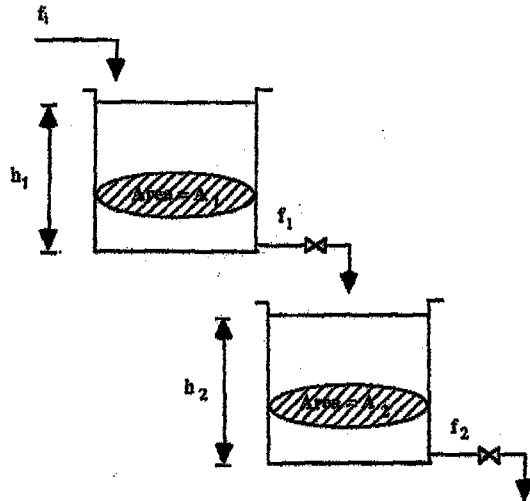


FIG. 8-12 Two tanks in series.

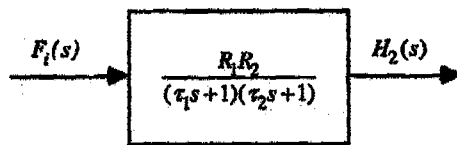


FIG. 8-13 Second-order transfer function.

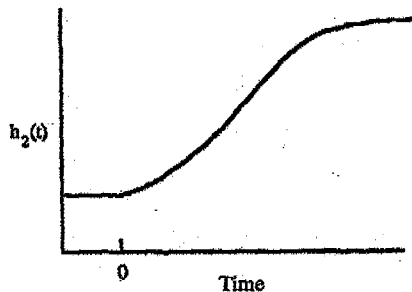


FIG. 8-14 Response of second-order system.

second-order transfer function that can exhibit oscillatory behavior is important for the study of automatic control systems. Such a transfer function is given in Fig. 8-15. For a step input, the transient responses shown in Fig. 8-16 result. As can be seen when $\zeta < 1$, the response oscillates and when $\zeta > 1$, the response is S-shaped. Few open-loop chemical processes exhibit an oscillating response; most exhibit an S-shaped step response.

Distance-Velocity Lag (Dead-Time Element) The dead-time element, commonly called a distance-velocity lag, is often encountered in process systems. For example, if a temperature-measuring element is located downstream from a heat exchanger, a time delay occurs before the heated fluid leaving the exchanger arrives at the temperature measurement point. If some element of a system produces a dead-time of θ time units, then an input to that unit, $f(t)$, will be reproduced at the output as $f(t - \theta)$. The transfer function for a pure dead-time element is shown in Fig. 8-17, and the transient response of the element is shown in Fig. 8-18.

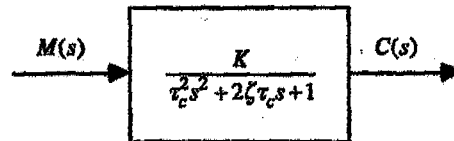


FIG. 8-15 General second-order transfer function.

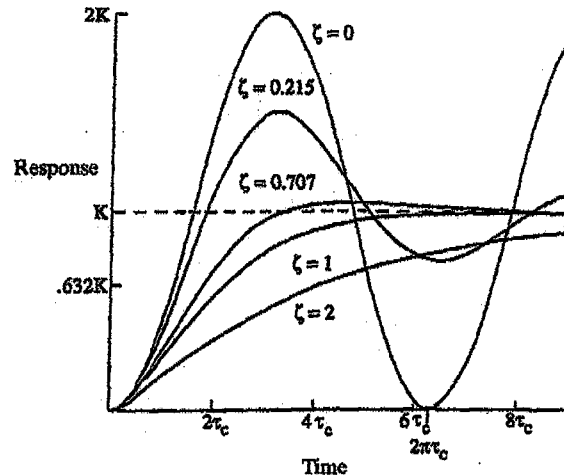


FIG. 8-16 Response of general second-order system.

Higher-Order Lags If a process is described by a series of n first-order lags, the overall system response becomes proportionally slower with each lag added. The special case of a series of n first-order lags with equal time constants has a transfer function given by:

$$G(s) = \frac{K}{(\tau s + 1)^n} \quad (8-25)$$

The step response of this transfer function is shown in Fig. 8-19. Note that all curves reach about 60 percent of their final value at $t = n\tau$.

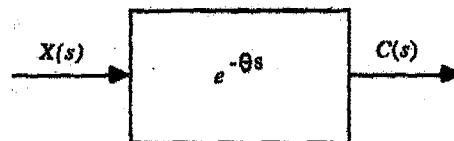


FIG. 8-17 Dead-time transfer function.

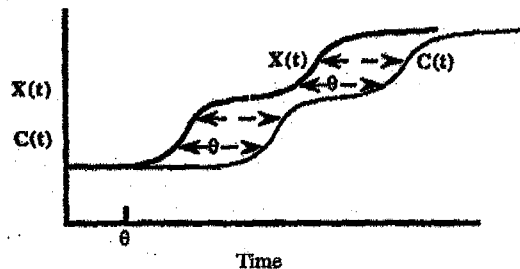


FIG. 8-18 Response of dead-time system.

where the loop gain is less than 1.0 by a safe margin that allows for possible variations in process parameters.

In controller design, a choice must be made between performance and robustness. Performance is a measure of how well a given controller with certain parameter settings regulates a variable relative to the best loop performance with optimal controller settings. Robustness is a measure of how small a change in a process parameter is required to bring the loop from its current state to the limit of stability. Increasing controller performance by raising its gains can be expected to decrease robustness. Both performance and robustness are functions of the process being controlled, the selection of the controller, and the tuning of the controller parameters.

On/Off Control An on/off controller is used for manipulated variables having only two states. They commonly control temperatures in homes, electric water heaters and refrigerators, and pressure and liquid level in pumped storage systems. On/off control is satisfactory where slow cycling is acceptable because it always leads to cycling when the load lies between the two states of the manipulated variable. The cycle will be positioned symmetrically about the set point only if the normal value of the load is equidistant between the two states of the manipulated variable. The period of the symmetrical cycle will be approximately 4θ , where θ is the deadtime in the loop. If the load is not centered between the states of the manipulated variable, the period will tend to increase, and the cycle follows a sawtooth pattern.

Every on/off controller has some degree of deadband, also known as lockup, or differential gap. Its function is to prevent erratic switching between states, thereby extending the life of contacts and motors. Instead of changing states precisely when the controlled variable crosses set point, the controller will change states at two different points for increasing and decreasing signals. The difference between these two switching points is the deadband (see Fig. 8-25); it increases the amplitude and period of the cycle, similar to the effect of dead time.

A three-state controller is used to drive either a pair of independent on/off actuators such as heating and cooling valves, or a bidirectional motorized actuator. The controller is actually two on/off controllers, each with deadband, separated by a dead zone. When the controlled variable lies within the dead zone, neither output is energized. This controller can drive a motorized valve to the point where the manipulated variable matches the load, thereby avoiding cycling.

Proportional Control A proportional controller moves its output proportional to the deviation in the controlled variable from set point:

$$u = K_c e + b = \frac{100}{P} e + b \quad (8-28)$$

where $e = \pm(r - c)$, the sign selected to produce negative feedback. In

some controllers, proportional gain K_c is expressed as a pure number; in others, it is set as $100/P$, where P is the proportional band in percent. The output bias b of the controller is also known as manual reset. The proportional controller is not a good regulator, because any change in output to a change in load results in a corresponding change in the controlled variable. To minimize the resulting offset, the bias should be set at the best estimate of the load and the proportional band set as low as possible. Processes requiring a proportional band of more than a few percent will control with unacceptable values of offset.

Proportional control is most often used for liquid level where variations in the controlled variable carry no economic penalty, and where other control modes can easily destabilize the loop. It is actually recommended for controlling the level in a surge tank when manipulating the flow of feed to a critical downstream process. By setting the proportional band just under 100 percent, the level is allowed to vary over the full range of the tank capacity as inflow fluctuates, thereby minimizing the resulting rate of change of manipulated outflow. This technique is called averaging level control.

Proportional-plus-Integral (PI) Control Integral action eliminates the offset described above by moving the controller output at a rate proportional to the deviation from set point. Although available alone in an integral controller, it is most often combined with proportional action in a PI controller:

$$u = \frac{100}{P} \left(e + \frac{1}{\tau_i} \int e dt \right) + C_0 \quad (8-29)$$

where τ_i is the integral time constant in minutes; in some controllers, it is introduced as integral gain or reset rate $1/\tau_i$, in repeats per minute. The last term in the equation is the constant of integration, the value the controller output has when integration begins.

The PI controller is by far the most commonly used controller in the process industries. The summation of the deviation with its integral in the above equation can be interpreted in terms of frequency response of the controller (Seborg, Edgar, and Mellichamp, *Process Dynamics and Control*, Wiley, New York, 1989). The PI controller produces a phase lag between zero and 90 degrees:

$$\phi_{PI} = -\tan^{-1} \frac{\omega_0}{2\pi\tau_i} \quad (8-30)$$

where ω_0 is the period of oscillation of the loop. The phase angle should be kept between 15 degrees for lag-dominant processes and 45 degrees for dead-time-dominant processes for optimum results.

Proportional-plus-Integral-plus-Derivative (PID) Control The derivative mode moves the controller output as a function of the rate-of-change of the controlled variable, which adds phase lead to the controller, increasing its speed of response. It is normally combined

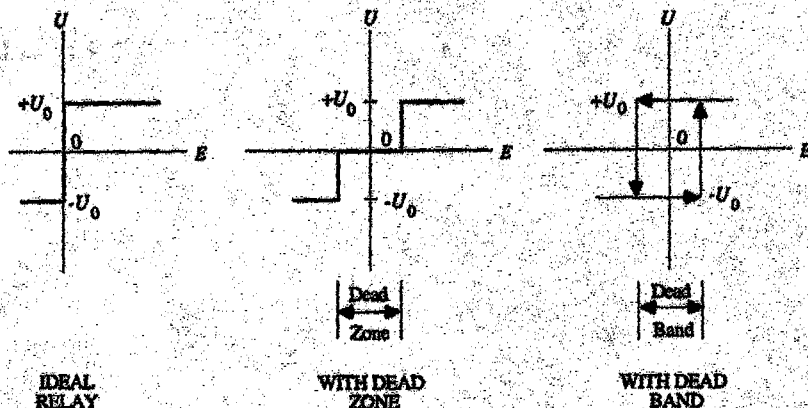


FIG. 8-25 On/off controller characteristics.

283
283

with proportional and integral modes. The noninteracting form of the PID controller appears functionally as:

$$u = \frac{100}{P} \left(e + \frac{1}{\tau_i} \int e \, dt + \tau_D \frac{de}{dt} \right) + C_0 \quad (8-31)$$

where τ_D is the derivative time constant. Note that derivative action is applied to the controlled variable rather than to the deviation, as it should not be applied to the set point; the selection of the sign for the derivative term must be consistent with the action of the controller. Figure 8-26 compares typical loop responses for P, PI, and PID controllers, along with the uncontrolled case.

In some analog PID controllers, the integral and derivative terms are combined serially rather than in parallel as done in the last equation. This results in interaction between these modes, such that the effective values of the controller parameters differ from their set values as follows:

$$\begin{aligned} \tau_{i,eff} &= \tau_i + \tau_D \\ \tau_{D,eff} &= \frac{1}{1/\tau_D + 1/\tau_i} \\ K_c &= \frac{100}{P} \left(1 + \frac{\tau_D}{\tau_i} \right) \end{aligned} \quad (8-32)$$

The performance of the interacting controller is almost as good as the noninteracting controller on most processes, but the tuning rules differ because of the above relationships. With digital PID controllers, the noninteracting version is commonly used.

There is always a gain limit placed upon the derivative term—a value of 10 is typical. However, interaction decreases the derivative gain below this value by the factor $1 + \tau_D/\tau_i$, which is the reason for the decreased performance of the interacting PID controller. Sampling in a digital controller has a similar effect, limiting derivative gain to the ratio of derivative time to the sample interval of the controller. Noise on the controlled variable is amplified by derivative action, preventing its use in controlling flow and liquid level. Derivative action is recommended for control of temperature and composition, reducing the integrated error (IE) by a factor of two over PI control with no loss in robustness (Shinskey, *Feedback Controllers for the Process Industries*, McGraw-Hill, New York, 1994).

CONTROLLER TUNING

The performance of a controller depends as much on its tuning as its design. Tuning must be applied by the end user to fit the controller to the controlled process. There are many different approaches to controller tuning based on the particular performance criteria selected,

whether load or set-point changes are most important, whether the process is lag- or deadtime-dominant, and the availability of information about the process dynamics. The earliest definitive work in this field was done at the Taylor Instrument Company by Ziegler and Nichols (Trans. ASME, 750, 1942), tuning PI and interacting PID controllers for optimum response to step load changes applied to lag-dominant processes. While these tuning rules are still in use, they are approximate and do not apply to set-point changes, dead-time-dominant processes, or noninteracting PID controllers (Seborg, Edgar, and Mellichamp, *Process Dynamics and Control*, Wiley, New York, 1989).

Controller Performance Criteria The most useful measures of controller performance in an industrial setting are the maximum deviation in the controlled variable resulting from a disturbance and its integral. The disturbances could be to the set point or to the load, depending on the variable being controlled and its context in the process. The size of the deviation and its integral are proportional to the size of the disturbance (if the loop is linear at the operating point). While actual disturbances in a plant setting may appear to be random, the controller needs a reliable test to determine how well it is tuned. The disturbance of choice for test purposes is the step, because it can be applied manually, and by containing all frequencies including zero, it exercises all modes of the controller. When tuned optimally for step disturbances, the controller should be well-tuned for most other disturbances as well.

Figure 8-27 shows the optimum response of a controlled variable to a step change in load. A step change in load may be simulated by stepping the controller output while it is in the manual mode followed immediately by transfer to automatic. The maximum deviation is the most important criterion for variables that could exceed safe operating levels such as steam pressure, drum level, and steam temperature in a boiler. The same rule applies to product quality, which could violate specifications and therefore be rejected. If the product can be accumulated in a downstream storage tank, however, its average quality is more important, and this is a function of the deviation integrated over the residence time in the tank. Deviation in the other direction, where the product is better than specification, is safe, but it increases production costs in proportion to the integrated deviation because quality is given away.

For a PI or PID controller, the integrated deviation—better known as the integrated error IE—is related to the controller settings:

$$IE = \frac{\Delta u P \tau_i}{100} \quad (8-33)$$

where Δu is the difference in controller output between two steady states, as required by a change in load or set point. The proportional band P and integral time τ_i are the indicated settings of the controller

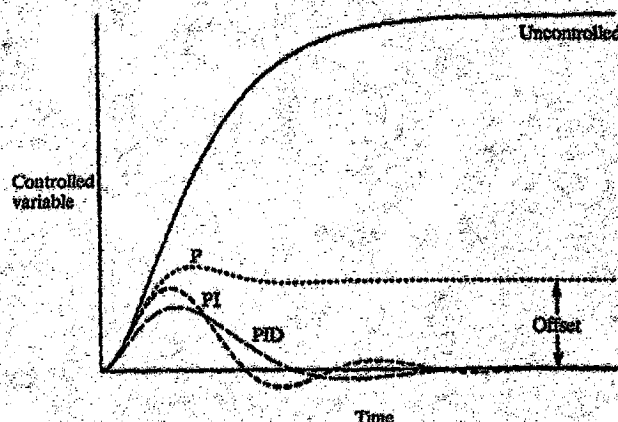


FIG. 8-26. Response for a step change in disturbance with tuned P, PI, and PID controllers and with no control.

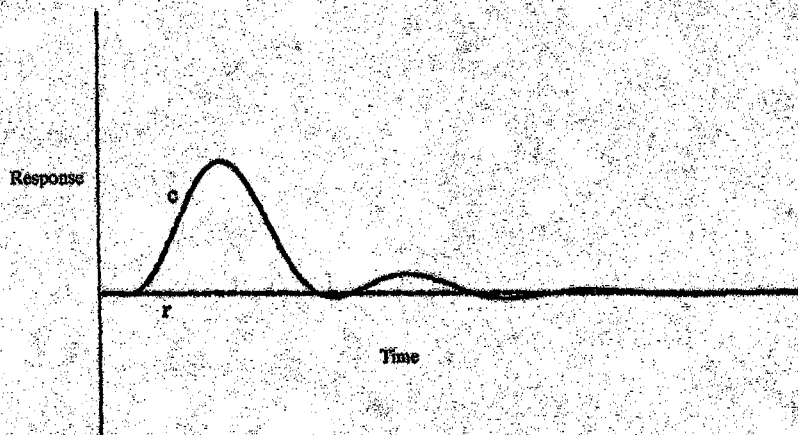


FIG. 8-27 The minimum-IAE response to a step load change has little overshoot and is well-damped.

for both interacting and noninteracting PID controllers. Although the derivative term does not appear in the relationship, its use typically allows a 50 percent reduction in integral time and therefore in IE. The integral time in the IE expression should be augmented by the sample interval if the controller is digital, the time constant of any filter used, and the value of any deadtime compensator.

It would appear from the above that minimizing IE is simply a matter of minimizing the P and τ_i settings of the controller. However, settings will be reached that produce uniform oscillations—an unacceptable situation. It is preferable, instead, to find a combination of controller settings that minimize integrated absolute error IAE, which for both load and set-point changes is a well-damped response with minimal overshoot. Figure 8-27 is an example of a minimum-IAE response to a step change in load for a lag-dominant process. Because of the very small overshoot, the IAE will be only slightly larger than the IE. Loops that are tuned to minimize IAE tend to be close to minimum IE and also minimum peak deviation.

The performance of a controller (and its tuning) must be based on what is achievable for a given process. The concept of best practical IE (IE_b) for a step change in load Δu can be estimated (Shinskey, *Feedback Controllers for the Process Industries*, McGraw-Hill, New York, 1994):

$$IE_b = \Delta u K_L \tau_L (1 - e^{-\theta/\tau_L}) \quad (8-34)$$

where K_L is the gain and τ_L the primary time constant in the load path, and θ the dead time in the manipulated path to the controlled variable. If the load or its gain is unknown, Δu and $K(=K_p K_r)$ may be substituted. If the process is non-self-regulating (i.e., it is an integrator), the relationship is

$$IE_b = \frac{\Delta u \theta^2}{\tau_i} \quad (8-35)$$

where τ_i is the time constant of the process integrator. The peak deviation with the best practical response curve is:

$$e_b = \frac{IE_b}{\theta + \tau_2} \quad (8-36)$$

where τ_2 is the time constant of a common secondary lag (e.g., in the measuring device).

The performance for any controller can be measured against this standard by comparing the IE it achieves in responding to a step load change with the best practical IE. Potential performance improvements by tuning PI controllers on lag-dominant processes lie in the 20–30 percent range, while for PID controllers they fall between 40–60 percent, varying with secondary lags.

Tuning Methods Based on Known Process Models The most accurate tuning rules for controllers have been based on simulation, where the process parameters can be specified and IAE and IE can be integrated during the simulation as an indication of performance. Controller settings are then iterated until a minimum IAE is reached for a given disturbance. These optimum settings are then related to the parameters of the simulated process in tables, graphs, or equations, as a guide to tuning controllers for processes whose parameters are known (Seborg, Edgar, and Mellichamp, *Process Dynamics and Control*, Wiley, New York, 1989). This is a multidimensional problem, however, in that the relationships change as a function of process type, controller type, and source of disturbance.

Table 8-2 summarizes these rules for minimum-IAE load response for the most common controllers. The process gain K and time constant τ_m are obtained from the product of G_c and G_p in Fig. 8-23. Derivative action is not effective for dead-time-dominant processes. For non-self-regulating processes, τ is the time constant of the integrator. The last category of distributed lag includes all heat-transfer processes, backmixed vessels, and processes having multiple interacting lags such as distillation columns; $\sum \tau$ represents the total response time of these processes (i.e., the time required for 63 percent complete response to a step input). Any secondary lag, sampling interval, or filter time constant should be added to dead-time θ .

The principal limitation to using these rules is that the true process parameters are often unknown. Steady-state gain K can be calculated from a process model or determined from the steady-state results of a step test as $\Delta c/\Delta u$, as shown in Fig. 8-28. The test will not be viable, however, if the time constant of the process τ_m is longer than a few

TABLE 8-2 Tuning Rules Using Known Process Parameters

Process	Controller	P	τ_i	τ_D
Dead-time-dominant	PI	250K	0.5 θ	
	PI	106K θ/τ_m	4.0 θ	
	PID ₁	77K θ/τ_m	1.8 θ	0.45 θ
Lag-dominant	PID ₁	106K θ/τ_m	1.5 θ	0.55 θ
	PI	106 θ/τ_i	4.0 θ	
	PID ₁	78 θ/τ_i	1.9 θ	0.48 θ
Non-self-regulating	PID ₁	108 θ/τ_i	1.6 θ	0.58 θ
	PI	20K	0.50 $\sum \tau$	
	PID ₁	10K	0.30 $\sum \tau$	0.09 $\sum \tau$
Distributed lags	PID ₁	15K	0.25 $\sum \tau$	0.10 $\sum \tau$

NOTE: n = noninteracting; i = interacting controller modes

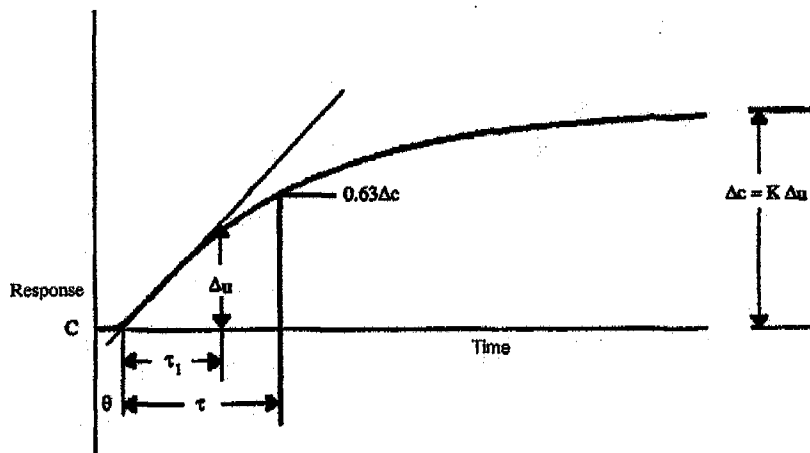


FIG. 8-28 If a steady state can be reached, gain K and time constant τ can be estimated from a step response; if not, use τ_1 instead.

minutes, since five time constants must elapse to approach a steady state within one percent, and unrequested disturbances may intervene. Estimated dead-time θ is the time from the step to the intercept of a straight line tangent to the steepest part of the response curve. The estimated time constant τ is the time from that point to 63 percent of the complete response. In the presence of a secondary lag, these results will not be completely accurate, however. The time for 63 percent response may be more accurately calculated as the residence time of the process: its volume divided by current volumetric flow rate.

Tuning Methods When Process Model Is Unknown Ziegler and Nichols developed two tuning methods for processes with unknown parameters. The open-loop method uses a step test without waiting for a steady state to be reached and is therefore applicable to very slow processes. Deadtime is estimated from the intercept of the tangent in Fig. 8-28, whose slope is also used. If the process is non-self-regulating, the controlled variable will continue to follow this slope, changing an amount equal to Δu in a time equal to its time constant. This time estimate τ_1 is used along with θ to tune controllers according to Table 8-3, applicable to lag-dominant processes.

A more recent tuning approach uses integral criteria such as the integral of the squared error (ISE), integral of the absolute error (IAE), and the time-weighted IAE (ITAE) of Seborg, Edgar, and Mellichamp (*Process Dynamics and Control*, Wiley, New York, 1989). The controller parameters are selected to minimize various integrals. Power-law correlations for PID controller settings have been tabulated for a range of first-order model parameters. The best tuning parameters have been fitted using a general equation, $Y = A(\theta/\tau)^P$, where Y depends on the particular controller mode to be evaluated (K_C , τ_I , τ_D).

There are several features of the correlations that should be noted:

1. The controller gain is inversely proportional to the process gain for constant dead time and time constant.
2. The allowable controller gain is higher when the ratio of dead time to time constant becomes smaller. This is because dead time has a destabilizing effect on the control system, limiting the controller gain, while a larger time constant generally demands a higher controller gain.

A recent addition to the model-based tuning correlations is Internal Model Control (Rivera, Morari, and Skogestad, "Internal Model Control 4: PID Controller Design," *IEC Proc. Des. Dev.*, 25, 252, 1986), which offers some advantages over the other methods described here. However, the correlations are similar to the ones discussed above. Other plant testing and controller design approaches such as frequency response can be used for more complicated models.

The Ziegler and Nichols closed-loop method requires forcing the loop to cycle uniformly under proportional control. The natural period τ_n of the cycle—the proportional controller contributes no phase shift to alter it—is used to set the optimum integral and derivative time constants. The optimum proportional band is set relative to the undamped proportional band P_u , which produced the uniform oscillation. Table 8-4 lists the tuning rules for a lag-dominant process. A uniform cycle can also be forced using on/off control to cycle the manipulated variable between two limits. The period of the cycle will be close to τ_n if the cycle is symmetrical; the peak-to-peak amplitude of the controlled variable A_c divided by the difference between the output limits A_m is a measure of process gain at that period and is therefore related to P_u for the proportional cycle:

$$P_u = 100 \frac{\pi A_c}{4 A_m} \quad (8-37)$$

The factor $\pi/4$ compensates for the square wave in the output. Tuning rules are given in Table 8-4.

TABLE 8-3 Tuning Rules Using Slope and Intercept

Controller	P	τ_I	τ_D
PI	$150 \theta/\tau$	3.5θ	—
PID _n	$75 \theta/\tau$	2.1θ	0.63θ
PID _i	$113 \theta/\tau$	1.8θ	0.70θ

NOTE: n = noninteracting, i = interacting controller modes

TABLE 8-4 Tuning Rules Using Proportional Cycle

Controller	P	τ_I	τ_D
PI	$1.70 P_u$	$0.81 \tau_n$	—
PID _n	$1.30 P_u$	$0.48 \tau_n$	$0.11 \tau_n$
PID _i	$1.80 P_u$	$0.39 \tau_n$	$0.14 \tau_n$

198
110

NOTIFICACIONES

Recibiré notificaciones en la Secretaría de ése Despacho y en mi oficina, ubicada en la calle 83 A No. 23-90 de esta ciudad.

ANEXOS

Lo indicado.

De la Señora Jefe



MÓNICA WOLF WASSERMAN
C.C. No. 51.711.267 de Bogotá
T.P.A. 46.034 del C. S. de la J.

199
+199

METODO Y SISTEMA PARA MARCAR Y DETERMINAR LA AUTENTICIDAD DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS

Campo de la Técnica de Detección

La técnica de detección se relaciona con los hidrocarburos líquidos en general, y con los métodos para marcar hidrocarburos líquidos, en particular.

Antecedente de la Técnica de Detección

Frecuentemente se desea identificar la fuente de un hidrocarburo líquido, como el petróleo, la nafta, la gasolina, el combustible diesel, el gasavión, el queroseno, lubricante, el gas, el gas licuado y otros. Esta necesidad surge por ejemplo, en caso de sospechar de fraude, como el robo de pipas, tanques de transportación y unidades de almacenamiento, adulteración intencional o accidental, dilución o mezcla de fluido proveniente de diversas fuentes, derrames de aceite o fugas de origen incierto a la tierra o al agua, y así sucesivamente. Los altos costos, así como la evasión de impuestos, proveen ambientes lucrativos que motivan favorablemente la delincuencia por medio de alteración de los fluidos. Al hacer al líquido diferenciable de antemano, es posible identificar en una etapa posterior si el líquido se conserva genuinamente intacto, o si fue adulterado, diluido o interferido de alguna forma.

Los métodos y sistemas para producir hidrocarburos líquidos son conocidos en el arte o técnica. Los términos hidrocarburo líquido, "aceite", "combustible", fluido, y "petróleo", son aplicados indistintamente de aquí en adelante en el sentido más amplio, para designar a todos los fluidos y líquido similares. El combustible es generalmente marcado con una sustancia que puede ser detectada posteriormente, identificando así la fuente del combustible. Por ejemplo, la sustancia puede ser una sustancia mezclable con combustible, que se le agrega y emite luz en diferentes frecuencias cuando se expone a la luz o a otro tipo de radiación. Una simple sustancia colorante se mezcla con el combustible, cambiando así el color del combustible y permitiendo que éste sea identificado de acuerdo con el color marcado. Alternativamente, la sustancia marcadora puede emitir luz en una frecuencia invisible, en donde el combustible es identificado al medir la frecuencia emitida con un detector óptico. De acuerdo con otros métodos, el combustible se marca con un compuesto orgánico cuya presencia es detectada posteriormente con un espectrómetro o un cromatógrafo. En general, el marcador debe satisfacer ciertos criterios con relación al fluido específicamente marcado.

3

200
200

Por ejemplo el costo, facilidad de detección, estabilidad, solubilidad y compatibilidad con el fluido (como su flamabilidad en motores con el combustible marcado), inercia al aire, al agua o a los componentes usuales de la tierra, corrosividad, volatilidad, y toxicidad.

Con patente americana No. 5, 598,451 expedida a 5 Ohno et al - , y nombrado "Aparato para medir el componente sulfúrico contenido en el aceite", está dirigido a un aparato que detecta el componente sulfúrico contenido en el aceite. El aparato incluye un suministro de alto voltaje, un tubo de rayos X, un filtro, una celda muestra, una ventana 10 de rayos X, un detector de rayos X y un sistema de medición. El suministro de alto voltaje se acopla con el tubo de rayos X para generar rayos X. El circuito de medición se acopla con el detector de rayos X. El filtro se localiza entre el tubo de rayos X y la ventana para la muestra. La celda muestra se localiza entre la entrada de la muestra y la salida de la muestra y la muestra fluye a través de la celda muestra. La ventana de rayos X se localiza frente a la celda muestra. El tubo de rayos X, el filtro, la ventana para la muestra y el detector de rayos X se localizan en tal posición que los rayos X emitidos por el tubo hacia la ventana de rayos X y reflejados por la ventana chocan contra el detector de rayos X.

El tubo de rayos X incluye un blanco hecho de titanio. La ventana de rayos X está hecha de berilio. La muestra contiene sulfuro. Los rayos X, generados por el tubo y filtrados a través del filtro, tocan la celda muestra a

través de la ventana de muestra. Rayos X fluorescentes, que son irradiados por el sulfuro contenido en la muestra, chocan contra el detector de rayos X.

El circuito de medición determina la concentración en peso del sulfuro contenido en la muestra, midiendo la intensidad de los rayos X de tipo K-shell característicos del sulfuro.

Con patente No. 6, 214,624 expedida a Barker et al., y de nombre "Uso de los perfluorocarburos como indicadores en composiciones químicas", está dirigida a un método de marcación de un líquido por medio de un indicador perfluorocarburo. El indicador perfluorocarburo se disuelve, mezcla, dispersa o emulsifica en el medio líquido. En la etapa de detección, se colecta una muestra del medio líquido en carbono activado, desabsorbido y pasado por un fuerte catalizador oxidante, como un catalizador 10-25% V2 O2 / A12 O3- quemando así el material no perfluorocarburado. Se elimina el agua de la muestra quemada, empleando una membrana semi permeable, y la muestra quemada se introduce a un cromatógrafo de gas equipado con un detector de captura de electrones estándar interfaseado y una grabadora

Con patente americana No- 6, 312,958 expedida a Meyer

4

201
201

et al., y nombrada "Método para marcar líquidos con por lo menos dos sustancias marcadoras y el método para detectarlas", está dirigido a marcar líquidos con por lo menos dos marcadores, de tal modo que el líquido fraudulento sea detectado, inclusive si el líquido fraudulento a sido marcado desordenadamente con marcadores similares a los originales. Meyer demuestra el uso de al menos dos marcadores que tengan rangos de absorción superpuestos, que habilita el uso de un gran número de marcadores dentro de un rango de frecuencia dado. Los compuestos utilizados por otros para alterar el líquido original, deben tener no sólo la absorción máxima similar a la de los marcadores originales, sino también las características similares de los marcadores originales en el resto del rango de absorción. Cada marcador fraudulento puede tener sólo un máximo de absorción relativamente estrecho que corresponde con aquél de uno de los marcadores originales. Si se utilizan fuentes de luz para emitir sólo en las regiones de absorción máxima, entonces es probable que resulten espectros fluorescentes en ambos casos. Sin embargo, si se utilizan fuentes de luz que emiten en frecuencias en que los marcadores fraudulentos no tienen absorción, pero en las cuales los marcadores originales tienen rangos de absorción superpuesta, la luz fluorescente emitida por estos marcadores es detectada en caso de los marcadores originales, pero no en el caso de los marcadores fraudulentos.

Con patente americana No. 5, 980,593 expedida a Friswell et al., y nombrada 'Marcadores fluorescentes silenciosos de petróleo', está dirigida al método para marcar un producto líquido por un grupo de marcadores y un método para identificar un producto líquido. El marcador es un compuesto que se sintetiza por medio de esterificación de un linear seleccionado apropiadamente o un ácido carboxílico alcalino C_{11} - C_{18} bifurcado. De acuerdo con la patente, los ácidos carboxílicos alcalinos C_{11} - C_{18} se emplean para marcar combustibles, debido a su reducida interferencia de la fluorescencia antecedente. La concentración del marcador del líquido en el producto de petróleo está generalmente a 0.25 ppm.

La extracción del marcador del producto de petróleo etiquetado con fines de detección se puede llevar a cabo con una solución compuesta del 5 al 60 % del volumen de agua mezclable, solvente de enlace de petróleo inmezclable, agua, una fuente mineral alcalina, como el KOH, y/o un amino alcalino o un amino alcoxy. Como experimento, un volumen considerable de mezcla de extractor acuoso se mezcla con un volumen considerable del petróleo líquido que será probado. Si el marcador está presente en el producto de petróleo, será extraído por la capa acuosa y fluorescerá por reacción con la mezcla de extracción. Se utiliza una fuente manual de luz ultravioleta para detectar cualitativamente el marcador.

De acuerdo con este método es posible determinar los niveles de los marcadores

5

hasta un 5%. Como ejemplo, un combustible fue etiquetado con 3 ppm del marcador disuelto en isooctano.

El marcado fue extraído y probado bajo una lámpara ultravioleta, así proporcionando un brillo azul fluorescente, que indicaba la presencia del marcador.

Breve Descripción de la Técnica de Detección

La técnica de detección tiene como objeto proveer un método ingenioso y un sistema para marcar un fluido y determinar su autenticidad.

De acuerdo con la técnica de detección, se provee entonces de un sistema para marcar un fluido con un marcador, el fluido fluye de una fuente a un destino. El fluido incluye un sensor para determinar el valor fluido de una propiedad fluida del fluido y un controlador de flujo de fluido para admitir una cantidad seleccionada del marcador en el fluido. La cantidad seleccionada se determina de acuerdo con el valor del fluido y una concentración predeterminada del marcador en el fluido en el destino.

De acuerdo con otro aspecto de la técnica de detección, se provee entonces de un método para marcar a un fluido con un marcador, el fluido fluye de una fuente a un destino. El método incluye los procedimientos para medir la propiedad de un fluido, determinando la cantidad de marcador que debe ser añadido al fluido, de acuerdo con la propiedad medida y agregando la cantidad determinada al fluido, marcando entonces el fluido.

De acuerdo con un aspecto más profundo de la técnica de la detección, se provee entonces de un método para determinar la autenticidad de un fluido. El método incluye los procedimientos de comparar la concentración de un marcador primario en el fluido con una concentración predeterminada y determinando una primera autenticidad del fluido, de acuerdo con el resultado de la comparación. El método incluye también los procedimientos para incrementar la concentración de un marcador secundario en el fluido, cuando la primera autenticidad es positiva, determinando la presencia de un marcador secundario en el fluido y determinando una segunda autenticidad en el fluido, de acuerdo con el resultado del procedimiento para determinar la presencia de un marcador secundario.

Descripción Breve de las Ilustraciones

203
203

La técnica de detección será apreciada y comprendida más a fondo con la descripción detallada que a continuación se presenta y junto con las ilustraciones, en las cuales:

Figura 1: es una ilustración esquemática de un sistema de marcado de fluidos, construido y operado de acuerdo con una incorporación de la técnica de detección;

Figura 2: es una ilustración esquemática de un sistema de marcado de fluidos, construido y operado de acuerdo con otra incorporación de la técnica de detección;

Figura 3: es una ilustración esquemática de un sistema de marcado de fluidos, construido y operado de acuerdo con una incorporación más a fondo de la técnica de detección;

Figura 4: es una ilustración esquemática de un sistema de marcado de fluidos, construido y operado de acuerdo con otra incorporación de la técnica de detección;

Figura 5: es una ilustración esquemática de un sistema de marcado de fluidos, construido y operado de acuerdo con una incorporación más a fondo de la técnica de detección;

Figura 6: es una ilustración esquemática de un sistema de marcado de fluidos, construido y operado de acuerdo con otra incorporación de la técnica de detección;

Figura 7: es una ilustración esquemática de un sistema de marcado de fluidos, construido y operado de acuerdo con una incorporación más a fondo de la técnica de detección;

Figura 8: es una ilustración esquemática de un sistema de marcado de fluidos, construido y operado de acuerdo con otra incorporación de la técnica de detección;

Figura 9: es una ilustración esquemática de un sistema de marcado de fluidos, construido y operado de acuerdo con una modalidad más a fondo de la técnica de detección;

Figura 10: es una ilustración esquemática de un sistema de marcado de fluidos, construido y operado de acuerdo con otra modalidad de la técnica de detección;

Descripción de las Modalidades

2011

En sus aspectos más amplios, la técnica descrita provee un sistema y un método para controlar la cantidad de marcador agregado a un fluido sin marcar, de tal modo que se obtiene una concentración de marcador seleccionada en un fluido. Adicionalmente, se puede agregar una combinación de una pluralidad de marcadores a un fluido sin marcar, cada uno a una concentración seleccionada.

El término "fluido" de aquí en adelante, se refiere a cualquier hidrocarburo líquido, incluyendo derivados de petróleo refinados o sin refinar, tales como el crudo, nafta, gasolina, combustible diesel, gasavión, queroseno, propano, lubricante (por ejemplo, aceite para motor), fluido hidráulico, gas natural (en su forma gaseosa o licuado), y otros. En las ilustraciones descritas en lo sucesivo, las líneas sólidas representan líneas de flujo de fluidos físicos, mientras que las líneas punteadas designan líneas de comunicación, líneas de control de señal y líneas de medición de señal, físicas o inalámbricas.

} → ?

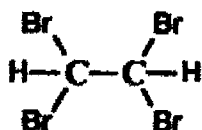
Se hace referencia ahora a la Figura 1, que es una ilustración sistemática de un sistema de marcación de fluidos, generalmente referido como 50, construido y operado de acuerdo con la modalidad de una técnica de detección. El sistema de marcación de fluido incluye una fuente de marcado 52, un controlador de flujo del fluido (FFC) 54, un procesador 56 y un sensor 58. El controlador de flujo del fluido 54 puede ser una bomba o una válvula. Sin embargo, en la descripción siguiente, el controlador de flujo del fluido 54 designado es una bomba. El controlador de flujo de fluido 54 incluye una entrada 60 y una salida 62.

La fuente marcadora 52 contiene un marcador (no se muestra) que es estable, mezclable y compatible con el fluido que se va a marcar. Por ejemplo, el marcador satisface ciertos requerimientos como ser amigable con el ambiente (por ejemplo, no afecta al aire, agua, componentes de la tierra, organismos vivos, y otros), no es corrosivo, ni volátil, ni tóxico, compatible con la maquinaria que opera el fluido (por ejemplo, motor, celda de combustible, sistema hidráulico que utiliza el fluido, sistema de frenado, transmisión automática y más)

De acuerdo con un ejemplo el marcador puede ser basado en un alcano, cuya fórmula es C_nH_{2n+2} , donde $n=1,2,3, \dots$. Por lo menos un átomo de hidrógeno es sustituido por un elemento que pueda ser detectado por un analizador de fluorescencia de rayos X (XRF). El compuesto resultante teniendo una fórmula general $C_nH_{2n+2-m}X_m$, donde $n=1,2,3, \dots$ y $m=1,2,3, \dots$. "X" es cualquier elemento que pueda ser detectado por un analizador de fluorescencia de rayos X (XRF). Un simple ejemplo de este elemento es el litio (Li), un metal alcalino, que forma un enlace covalente con un átomo de carbono.

203
205

De acuerdo con otro ejemplo, el marcador puede ser un compuesto halogénico, halógeno como el haluro de alquilo de fórmula general $C_nH_{2n+2-m}X_m$, donde $n=1,2,3, \dots$, y $m=1,2,3, \dots$. "X" es un halógeno como el flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br) y yodo (I). Un ejemplo de dicho haloalquilo 1 es el tetrabromoetano con una fórmula de molécula $C_2H_2Br_4$ y teniendo la fórmula Kekulé



A continuación se presentan los nombres químicos y las formulas moleculares de algunos de los ejemplos siguientes del marcador en la forma de haluro de alquilo:

1,1,2,2-tetracloroetano (por ejemplo: $C_2H_2Cl_4$), 1,1,2-tricloroetano (por ejemplo: $C_2H_2Cl_3$), pentacloroetano (por ejemplo: C_2HCl_5), hexacloroetano (por ejemplo: C_2Cl_6), 1,2,4-triclorobenceno (por ejemplo $C_6H_3Cl_3$), 1,2,4,5-tetraclorobenceno (por ejemplo: $C_6H_2Cl_4$), yoduro de etilo (por ejemplo: C_2H_5I), bromuro de etilo (por ejemplo: C_2H_5Br), dicloro 1,2 bibromoetano (por ejemplo: $C_2H_2Cl_2Br_2$), diclorotribromoetano (por ejemplo: $C_2HCl_2Br_3$), difluoro-1- cloroetano (por ejemplo: $C_2H_3F_2Cl$), difluoro-1,2-dibromoetano (por ejemplo: $C_2H_2F_2Br_2$), trifluoro-1,2,2-bibromoetano (por ejemplo: $C_2HF_3Br_2$), tribromopropano (por ejemplo: $C_3H_7Br_3$), dibromobenceno (por ejemplo: $C_6H_4Br_2$), dibromoetano (por ejemplo: $C_2H_4Br_2$), n-propilbromuro (por ejemplo: C_3H_7Br), parabromofluorobenceno (por ejemplo: C_6H_5FBr), con la fórmula

de Kekulé



butilbromuro (por ejemplo: C_4H_9Br) y octilbromuro (por ejemplo: $C_8H_{17}Br$).

Para convertir fluidos a estado gaseoso, se pueden utilizar transformadores gaseosos. Por ejemplo, el metano (CH_4) está en estado gaseoso bajo condiciones normales. Los halógenos pueden sustituir a los átomos de hidrógeno, de acuerdo con la fórmula $CH_{4-m}X_m$ donde $m=1,2,3,4$. "X" es un

226
226

halógeno como el flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br), y yodo (I) o un metal alcalino como el litio (Li). Tales marcadores pueden ser por ejemplo bromuro de metilo (CH_3Br), yoduro de metilo (CH_3I), bromoclorometano (CH_2BrCl), y otros.

De acuerdo con otro ejemplo, el marcador puede ser un compuesto organometálico o halogénico en el cual por lo menos un elemento metálico o un halógeno, hace enlace con por lo menos un átomo de carbono de un alqueno (olefina) que tiene como fórmula general $\text{C}_2(\text{H}_{2n+1-m}\text{C}_n)_4\text{X}_m$ donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$ y "X" es un metal alcalino o un halógeno. Un ejemplo de dicho compuesto es el bromoetileno que tiene como fórmula molecular $\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}$.

De acuerdo con otro ejemplo el marcador puede ser cualquiera de los compuestos mencionados anteriormente en donde el silicio (Si), germanio (Ge), y similares sustituyen a un átomo de carbón. Por ejemplo, el dietilsilano ($\text{C}_4\text{H}_{12}\text{Si}$) en dicho compuesto. Se debe acotar que el silicio puede ser detectado por el analizador de fluorescencia de rayos X y que no son necesarias sustituciones de átomos de hidrógeno. Respectivamente, los elementos "X" no necesitan aparecer en el compuesto, si el silicio, el germanio y similares se utilizan como el elemento marcador detectable por el analizador de rayos X. Para los alcanos, la fórmula general del compuesto es $\text{C}_{n-m}\text{H}_{2n+2}\text{Y}_m$ donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$, $m < n$ y donde Y representa al silicio, germanio o similar. Para los alquenos (oleofinas), la fórmula general del compuesto es $\text{C}_2(\text{H}_{2n+1}\text{C}_{n-m})_4\text{Y}_n$, donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$, y donde "Y" representa al silicio, germanio o similar.

El marcador puede ser en forma de fluido (por ejemplo: gas o líquido) o sólido (por ejemplo, en polvo, cuerpo mezclable, y similar) y puede ser radioactivo o no radioactivo. La fuente marcadora 52 puede contener diferentes tipos de marcadores.

El controlador de flujo 54 puede ser una bomba del tipo conocido comúnmente, como una bomba pulsátil que suministra un volumen predeterminado de fluido a cada golpe del pistón. El controlador de flujo 54 puede ser una bomba de desplazamiento constante o una bomba de desplazamiento variable. El sensor 58 puede ser un sensor de temperatura, un medidor de flujo, un viscosímetro, medidor de densidad, o una combinación de cualquiera de éstos. El sensor 58 puede incluir un aparato óptico, un aparato para medir la constante dieléctrica, un

10

732
297

espectrómetro, un detector ultrasónico, y similares, o una combinación de los anteriores.

El procesador 56 es un procesador digital de señales 20 (DSP) , un sistema sobre circuito integrado (chip) (SOC) , o similar. El procesador 56 se acopla con el controlador de flujo de fluido 54 y con el sensor 58. La fuente del marcador 52 se acopla con la entrada 60. La salida 62 está acoplada con un conducto 64 en un punto de inyección 66 del marcador. Un fluido fluye por el conducto 64 desde una fuente de fluido sin marcar (no se muestra) hacia un destino de fluido marcado (no se muestra).

Se acota que el fluido puede ser transferido o almacenado desde la fuente hacia el destino mediante cualquier medio de almacenaje o entrega, por ejemplo, un depósito subterráneo de petróleo, un depósito de perforación de petróleo marino, un tanque de almacenamiento en una refinería petrolera, una planta de energía eléctrica, un generador eléctrico, una gasolinera, un vehículo repartidor de combustibles (por ejemplo: un camión repartidor de gasolina, un tanque marino y una nave de distribución aérea), una instalación habitable (como una casa, hospital, hotel, restaurante, tienda departamental, supermercado, edificio de oficinas, edificio de departamentos, instituto de investigación, base militar, aeropuerto, planta de manufactura, y similares), vehículos terrestres motorizados (como automóviles, camiones de carga, camiones de pasajeros, carros de tren, motocicletas, vehículos militares, vehículos para nieve, y similares), vehículos aéreos (como aviones, helicópteros, anfibia, globos aerostáticos, aviones a control remoto, cohetes, misiles guiados, naves espaciales y similares), vehículos marinos (como barcos de carga, acuamotos, botes de alta velocidad, botes de pasajeros y similares)

El fluido fluye en el conducto 64 desde la fuente del fluido sin marcar hacia el destino de fluido marcado, ya sea por gravedad o por la acción de una bomba (no se muestra). El sensor 58 se acopla con el conducto 64 en un punto de medición 68. El punto de medición 68 puede estar localizado ya sea más arriba del punto de inyección del marcador 66 o en su defecto más abajo.

El sensor 58 determina el valor de por lo menos una propiedad del fluido que fluye por el conducto 64, tales como temperatura, velocidad de flujo, viscosidad, densidad y concentración de una sustancia en el fluido. La propiedad se mide para

203
72

determinar la cantidad de marcador que deberá ser añadido al fluido, de tal forma que la concentración del marcador en el fluido marcado sea controlada de una forma sustancialmente precisa. El sensor 58 puede medir una constante dieléctrica, el nivel de radiación, la longitud de onda de la luz emitida, el nivel de energía atómica, la frecuencia de las vibraciones atómicas, la frecuencia y la amplitud acústicas, la concentración de una sustancia en el fluido, y características físicas similares de las cuales se desprenderá la propiedad relevante. Así, el sensor 58 mide el valor de la propiedad del fluido que fluye dentro del conductor 64. El sensor 58 envía una señal respectiva de la propiedad (o característica) medida al procesador 56. El procesador 56 determina la cantidad del marcador que deberá ser añadido al fluido, por medio del procesamiento de la señal recibida del sensor 58, de tal forma que cuando todo el fluido sea transferido desde la fuente de fluido no marcado hacia el destino de fluido marcado, la concentración del marcador en el destino del fluido marcado coincida con un valor seleccionado. Alternativamente, el procesador 56 determina la cantidad de marcador, con el fin de mantener la concentración del marcador en el fluido que fluye, en un valor seleccionado durante todo el periodo de flujo del fluido desde la fuente de fluido no marcado hacia el destino de fluido marcado. En cualquier caso, el procesador 56 determina la cantidad de marcador, empleando una tabla de búsqueda, un algoritmo, una base de datos (no se muestra) , y similares.

El procesador 56 controla la operación del controlador 54 del flujo del fluido, de tal forma que el controlador 54 del flujo del fluido suministra una cantidad determinada de marcador al fluido que fluye. Por ejemplo, si el controlador 54 del flujo del fluido es una bomba de desplazamiento constante, entonces el procesador 56 suministra una señal al controlador 54 del flujo del fluido, para operar por un periodo seleccionado correspondiente a la cantidad determinada. Si el controlador 54 del flujo del fluido es una bomba de desplazamiento variable, el procesador 56 suministra una señal al controlador 54 del flujo del fluido, de tal forma que el controlador 54 del flujo del fluido opera a una velocidad para suministrar la cantidad determinada de marcador al fluido que fluye, dentro de un periodo dado.

Así, el controlador 54 del flujo del fluido suministra una cantidad de marcador como ha sido determinada por el procesador 56, desde la fuente 52 del marcador hacia el fluido en el punto 66 de inyección de marcador. Se acota que la concentración del marcador en el fluido que fluye depende de al menos una propiedad del fluido que fluye en cualquier momento dado. Por lo tanto, para

201
202

mantener esta concentración de marcador en un nivel seleccionado constante, es necesario medir constantemente esta propiedad y operar de manera satisfactoria el controlador 54 del flujo del fluido.

Por ejemplo, para mantener la concentración de marcador en un fluido que fluye en un valor constante, una mayor cantidad de marcador deberá ser añadida al fluido cuando la velocidad de flujo del fluido dentro del conducto 64 sea mayor y una menor cantidad deberá ser añadida cuando la velocidad del flujo del fluido sea menor. Así, si el sensor 58 está en la forma de un medidor de flujo, este medirá la velocidad del flujo en el fluido que fluye en el conducto 64 y envía una señal respectiva de esta señal al procesador 56. La masa del fluido que fluye dentro de un periodo específico (por ejemplo, en el conducto 64) o almacenado en un volumen específico (por ejemplo, un contenedor) depende de la temperatura, la viscosidad, o la densidad del fluido, y entonces, la cantidad de marcador que deberá ser añadida al fluido deberá ser ajustada de acuerdo con lo anterior.

En caso de que el controlador 54 del flujo del fluido sea una bomba, cada entrada de una concentración predeterminada de marcador incluye un tiempo de operación de la bomba para cada velocidad del flujo del fluido. Por ejemplo, la entrada de la concentración predeterminada del marcador corresponde al tiempo de operación de la bomba de 10 segundos por minuto, para una velocidad de flujo del fluido de 10,000 litros por hora (l/hr). En este caso, el controlador 54 del flujo del fluido suministra, por decir, 55 mililitros (ml) del marcador cuando opera por 10 segundos. Así, si el sensor 58 mide una velocidad de flujo de 12,000 l/hr del fluido que fluye en el punto de medición 68, entonces el procesador 56 dirige al controlador 54 del flujo del fluido para operar por 12 segundos, añadiendo entonces 66 ml del marcador al fluido que fluye, y mantiene la concentración predeterminada.

Adicionalmente se acota que el controlador 54 del flujo del fluido, el procesador 56 y el sensor 58 en conjunto forman un sistema de control de circuito cerrado. Así, el procesador 56 controla la operación del controlador 54 del flujo del fluido de acuerdo con una señal de retroalimentación recibida del sensor 58. Este sistema de circuito cerrado permite al sistema 50 de marcación de fluido mantener la concentración de marcador en un valor seleccionado constante, sin importar las fluctuaciones en las propiedades dinámicas del flujo del fluido, tales como temperatura, velocidad de flujo, viscosidad, densidad y otras. Así, el sistema 50 de marcación de fluido puede proveer una concentración de marcador

orificio variable es acoplado al procesador. El extremo del aspirador se localiza en una región del conducto cuya sección de corte transversal es más pequeña que las regiones adyacentes, creando así un efecto venturi. Así el fluido que fluye succiona el marcador en el venturi y el tamaño del orificio variará de acuerdo con la señal recibida desde el procesador.

Alternativamente, el marcador puede estar en la forma de un polvo que es succionado dentro del fluido que fluye, por medio del efecto venturi. Alternativamente, el marcador puede estar en la forma de un cuerpo sólido miscible que está en contacto con el fluido que fluye todo el tiempo. A medida que el fluido fluye por el conducto, cantidades seleccionadas de partículas del marcador se separan del cuerpo sólido del marcador y se mezclan con el fluido que fluye. Alternativamente, las partículas del cuerpo sólido se disuelven gradualmente en el fluido que fluye. La cantidad de partículas de marcador que se disuelven o se mezclan con el fluido que fluye, pueden ser controladas por ejemplo, al controlar la temperatura del cuerpo sólido del marcador. Alternativamente, el marcador puede ser una sustancia que absorbe luz o que emite luz (fluorescente) a diversas frecuencias en respuesta a su exposición a radiación específica (incluyendo rayos X u otras frecuencias). Alternativamente, el marcador (ya sea fluido o gas), puede estar compuesto por un material radioactivo cuya radiación pueda ser detectada en una etapa posterior de autenticación de un fluido.

Se hace referencia ahora a la Figura 2, que es una ilustración esquemática de un sistema de marcación de fluidos, generalmente referido como 100, construido y operado de acuerdo con otra modalidad de la técnica divulgada. El sistema de marcación de fluido 100 incluye una variedad de fuentes 102, 104 y 106 de marcador, una pluralidad de válvulas 108, 110 y 112, una bomba 114, un procesador 116 y un sensor 118. Cada una de las fuentes de marcador 102, 104 y 106 es parecida a la fuente de marcador 52 (Figura 1). El marcador en cada una de estas fuentes de marcador 102, 104 y 106 es similar al marcador como se describió arriba en conexión con la Figura 1. Sin embargo, los marcadores en las fuentes 102, 104 y 106 son diferentes - ya sea que incluyan diferentes sustancias marcadoras o diferentes concentraciones de la misma sustancia marcadora. Cada una de las válvulas 108, 110 y 112 es una válvula operada por un solenoide. La bomba 114 es parecida a la bomba descrita arriba en conexión con la Figura 1. El procesador 116 es similar al procesador 56 (Figura 1). El sensor 118 es similar al

212
212

sensor 58. Un fluido fluye por un conducto 120 desde una fuente de fluido sin marcar (no se muestra) hacia un destino de fluido marcado (no se muestra).

Las entradas (no se muestran) de las válvulas 108, 110 y 112, se acoplan con las fuentes de marcador 102, 104 y 106, respectivamente. Las salidas (no se muestran) de las válvulas 108, 110 y 112 se acoplan con la entrada (no se muestra) de la bomba 114. Una salida (no se muestra) de la bomba 114 se acopla con el punto 122 de inyección de marcador del conducto 120. El procesador 116 se acopla con las válvulas 108, 110 y 112, la bomba 114 y con el sensor 118.

El sensor 118 mide la propiedad del fluido que fluye por el conducto 120, en el punto de medición 124 del conducto 120 y proporciona una señal respectiva de la propiedad medida, al procesador 116. El procesador 116 incluye información respectiva de aquellos seleccionados de las fuentes de marcador 102, 104 y 106, desde las cuales el marcador debe ser añadido al fluido que fluye, y así, las seleccionadas de las válvulas 108, 110 y 112, respectivamente, que tendrán que abrirse para poder proporcionar estos marcadores al fluido que fluye. Por ejemplo, de acuerdo con esta información, sólo marcadores de las fuentes de marcadores 102 y 106 deberán ser añadidos al fluido que fluye, y para este fin, sólo las válvulas 108 y 112 deberán ser abiertas.

El procesador 116 determina la cantidad seleccionada de cada marcador y así, el tiempo de apertura de la válvula seleccionada, de acuerdo con la señal recibida del sensor 118. El procesador 116 provee secuencialmente señales a las válvulas seleccionadas para que se abran y cierren, y una señal a la bomba 114 para que opere.

Por ejemplo, el procesador 116 determina que el marcador de la fuente 102 de marcador debe ser bombeado por 10 segundos por minuto y el marcador de la fuente 106 debe ser bombeado por 20 segundos por minuto. El procesador 116 suministra una señal a la bomba 114 para operar, una señal a la válvula 108 para abrirse y admitir el marcador desde la fuente 102 por 10 segundos y otra señal a la válvula 112 para abrirse y admitir el marcador de la fuente 106 por 20 segundos. Así, la bomba 114 inyecta el marcador desde la fuente 102 al punto de inyección 122 por 10 segundos y el marcador de la fuente 106 por 20 segundos.

213
212

De esta manera, el fluido que se suministra al destino de fluido marcado, es marcado con la combinación seleccionada de marcadores, cada una en la concentración de marcador seleccionada. Alternativamente, el procesador 116 suministra señales a las válvulas seleccionadas para permanecer abiertas simultáneamente.

Se hace ahora referencia a la figura 3, que es una ilustración esquemática de un sistema de marcación de fluido, generalmente referido como 140, construido y operado en acuerdo con una modalidad adicional de la técnica descrita. El sistema 140 incluye varias fuentes de marcador 142, 144 y 146, varios controladores del flujo del fluido (FFC) 148, 150 y 152, un procesador 154, una base de datos 156, una interfase de usuario 158 y un sensor 160. Un fluido fluye en un conducto 162 desde una fuente de fluido no marcado (no se muestra) hacia un destino de fluido marcado (no se muestra).

Cada una de las fuentes 142, 144 y 146 de marcador es similar a la fuente 52 descrita en conexión con la figura 1. El procesador 154 es similar al procesador 56 de la Figura 1. El marcador (no se muestra) en cada una de las fuentes 142, 144 y 146 es similar al marcador descrito en la conexión de la Figura 1. La interfase de usuario 158 es un teclado, micrófono, bocina, pantalla, pantalla de toque, indicador de alerta, y otros, o una combinación de estos, por el cual el usuario tiene contacto con el procesador 154. Cuando el sistema 140 de marcación de fluido falla (por ejemplo: uno o más componentes dejan de operar), el indicador de alerta (no se muestra) produce una señal auditiva o visual, para reportar la falla al usuario. El sensor 160 es similar al sensor 58.

La base de datos 156 incluye información respectiva de la operación de cada controlador 148, 150 y 152 del flujo del fluido, información respectiva del tipo de cada marcador, la estructura molecular de cada marcador, la cantidad de cada marcador que deberá ser agregada al fluido que fluye, la relación marcador/fluido para cada uno de los marcadores en el destino de fluido marcado, el tipo de sensor 160, una variedad de valores de salida de señal del sensor 160, el tipo de fluido que fluye, la clave del marcador, y otros. Cada controlador del flujo del fluido 148, 150 y 152 es similar al controlador de flujo de fluido 54 como se describió arriba en conexión con la Figura 1.

17

214
214

Las entradas (no se muestran) de los controladores de flujo 148, 150 y 152 se acoplan con los marcadores de las fuentes 142, 144 y 146, respectivamente. Las salidas (no se muestran) de los controladores 148, 150 y 152 del flujo del fluido se acoplan con el conducto 162 en los puntos 164, 166 y 168 de inyección de marcador, respectivamente. Alternativamente, los controladores 148, 150 y 152 pueden ser acoplados con el conducto 162 en un mismo punto de inyección de marcador (no se muestra) . El procesador 154 se acopla con los controladores de flujo del fluido 148, 150 y 152, la base de datos 156, la interfase del usuario 158 y con el sensor 160.

El sensor 160 mide por lo menos una propiedad del fluido que fluye por el conducto 162, en el punto de medición 170 del conducto 162 y suministra una señal respectiva de esta propiedad medida al procesador 154. El usuario ingresa la información respectiva del tipo de fluido que será marcado, una clave del marcador y otros, por medio de la interfase de usuario 158. La clave del marcador incluye información respectiva del tipo de marcadores, su estructura molecular, una combinación seleccionada de estos marcadores, concentraciones seleccionadas de marcador para estos marcadores, la hora y la fecha de marcado, la localización geográfica del marcado, el tipo y la fuente del fluido no marcado, y otros. La clave del marcador puede estar en forma de código alfanumérico, código de barras u otro.

El procesador 154 recupera la información del marcador desde la base de datos 156, de acuerdo con la información recibida desde la interfase 158 y de acuerdo con la señal recibida desde el sensor 160. La base de datos 156 puede ser remplazada por una memoria (no se muestra) dentro del procesador 154, en cuyo caso el procesador 154 recupera la información del marcador desde su memoria.

El procesador 154 controla la operación de cada uno de los controladores 148, 150 y 152 de flujo del fluido, de acuerdo con la señal de salida del sensor 160, la información recibida de la interfase del usuario 158 y de la información del marcador obtenida de la base de datos 156.

Cada uno de los controladores de flujo del fluido 148, 150, y 152 opera de acuerdo a una señal recibida del procesador 154 y suministra la cantidad seleccionada de cada marcador desde cada una de las fuentes 142, 144 y 146, respectivamente, al fluido que fluye, en los puntos de inyección de marcador 164, 166 y 168,

215
512
215

respectivamente. Así, cuando el volumen completo del fluido se transfiere de la fuente de fluido no marcado al destino de fluido marcado, el fluido marcado en el destino de fluido contiene cada uno de los marcadores de las fuentes 142, 144 y 146, en la concentración de marcado respectiva. Así, el sistema 140 de marcación de fluido es capaz de marcar un fluido que fluye con diferentes marcadores a diferentes concentraciones, permitiendo así la detección de un fluido falso con mayor probabilidad comparado con el sistema de marcado 50.

Se hace referencia ahora a la Figura 4, que es una ilustración esquemática de un sistema de marcación de fluido, generalmente referido como 190, construido y operado de acuerdo con otra modalidad de la técnica de descrita. El sistema de marcación de fluido 190 incluye una fuente de marcador 194, un controlador 194 de flujo del fluido, sensores de temperatura 196 y 198, medidores de flujo 200 y 202, un identificador de tipo de fluido 222 y un procesador 204. La fuente de marcador 192 es similar a la fuente de marcador 52 (figura 1) y el marcador (no se muestra) contenido dentro de la fuente de marcador 192 es similar al marcador que se describe más arriba en conexión con la Figura 1. El controlador del flujo del fluido 194 es similar al controlador de flujo del fluido 54 (Figura 1). El identificador del tipo de fluido 222 es un aparato que identifica el tipo de fluido al medir por lo menos una propiedad del fluido, tal como la densidad, viscosidad, constante dieléctrica, y otros. Así, por ejemplo, el identificador de fluido 222 puede ser un medidor de densidad, un viscosímetro, u otro. El procesador 204 es similar al procesador 56 (Figura 1).

El procesador 204 se acopla con el controlador 194 del flujo del fluido, los sensores de temperatura 196 y 198, el identificador 222 de fluido y con los medidores de flujo 200 y 202. Un fluido fluye dentro de un conducto 210 desde una fuente de fluido no marcado (no se muestra) hacia un destino de fluido marcado (no se muestra). Una entrada (no se muestra) del controlador 194 del flujo del fluido se acopla con la fuente 192 de marcador. Una salida (no se muestra) del controlador 194 del flujo del fluido se acopla con el conducto 210, en el punto 212 de inyección de marcador del conducto 210, vía el conducto 208. El medidor 200 de flujo se acopla con el conducto 208 en un punto de mediciones 220. El sensor de temperatura 196 se acopla con la fuente de marcador 192 en el punto de medición 218.

El sensor de temperatura 198 y el medidor de flujo 202 miden la temperatura y la velocidad de flujo del fluido que fluye dentro del conducto 210, respectivamente,

214
216

en los puntos de medición 214 y 216, respectivamente, del conducto 210. El identificador 222 de tipo de fluido mide una propiedad del fluido que fluye dentro del conducto 210, en el punto de medición 224 del conducto 210. El medidor de flujo 200 mide la velocidad del flujo del marcador que fluye dentro del conducto 208 en el punto de medición 220. El sensor de temperatura 196 mide la temperatura del marcador que está contenido en la fuente 192 de marcador, en el punto de medición 218. Los puntos de medición 214, 224 y 216 pueden coincidir. Los puntos de medición 214, 224 y 216 están localizados ya sea, aguas abajo del punto 212 de inyección de marcador o en su defecto, aguas arriba.

El procesador 204 determina el tipo de fluido que fluye por el conducto 210, de acuerdo con una señal recibida del identificador 222 de tipo de fluido. El procesador 204 controla la operación del controlador 194 del flujo del fluido, y por lo tanto, la velocidad del flujo del marcador dentro del conducto 208, de acuerdo con una señal de retroalimentación recibida del medidor de flujo 200. Al medir la temperatura del marcador dentro de la fuente 192 y la velocidad de flujo del marcador en el conducto 208 antes de ser mezclado con el fluido que fluye, el procesador 204 puede determinar la cantidad de marcador que deberá inyectarse al fluido que fluye, con mucha mayor precisión que la del procesador 56 (Figura 1). Se acota que el sistema 190 de marcación de fluido puede operar con por lo menos uno de los sensores 196 y 198 de temperatura, con por lo menos uno de los medidores 200 y 202 de flujo, o en su defecto, con cualquier combinación.

La concentración requerida de marcador puede en algunos casos estar debajo de los 10 ppm e inclusive en el orden de 1 ppb. La aplicación de cantidades precisas de dichas concentraciones tan bajas, normalmente requiere de la dilución del marcador antes de ser agregado al fluido no marcado. El diluyente no es necesariamente idéntico al fluido no marcado, y sólo necesita reunir ciertos criterios que permitan su adición al fluido no marcado, como compatibilidad con la operación y la resistencia del fluido no marcado. Si el marcador diluido no se prepara con anticipación, el marcador, probablemente en concentraciones variables, puede ser diluido en el sitio.

Se hace referencia ahora a la Figura 5, que es una ilustración esquemática de un sistema de marcación de fluido, generalmente referido como 240, construido y operado de acuerdo con otra modalidad de la técnica descrita. El sistema de marcación de fluido 240 incluye una fuente de marcador 242, medidores de flujo 244, 246 y 248, una reservorio 250 de marcador diluido, un procesador 252 y un

sensor 254. El controlador 244 de flujo tiene una entrada 256 y una salida 258. El controlador 246 de flujo del fluido tiene una entrada 260 y una salida 262. El controlador de flujo de fluido 248 tiene una entrada 264 y una salida 266. Cada uno de los controladores 244, 246 y 248 de flujo del fluido es similar al controlador 54 de fluido (Figura 1). El procesador 252 es similar al procesador 56 (Figura 1). El sensor 254 es similar al sensor 58.

El procesador 252 se acopla con los controladores 244, 246 y 248 del flujo del fluido y con el sensor 254. La fuente 242 de marcador se acopla con la entrada 256. El reservorio de marcador diluido 250 se acopla con las salidas 258 y con la entrada 264.

Un fluido fluye por el conducto 268, desde una fuente de fluido no marcado (no se muestra) hacia un destino de fluido marcado (no se muestra). La entrada 260 se acopla con la fuente de fluido no marcado. El procesador 252 envía una señal al controlador 246 del flujo del fluido para admitir una cantidad seleccionada de fluido desde la fuente de fluido no marcado hacia el reservorio 250 de marcador diluido. El procesador 252 envía una señal al controlador 244 de flujo del fluido para admitir una cantidad seleccionada de marcador desde la fuente 242 de marcador hacia el reservorio 250 de marcador diluido. El fluido y el marcador se mezclan en el reservorio 250 de marcador diluido y el reservorio 250 de marcador diluido contiene ahora un marcador diluido en una primera concentración de marcador.

El sensor 254 mide una propiedad del fluido que fluye por el conducto 268, en el punto 270 de medición del conducto 268 y envía la señal respectiva de la propiedad medida al procesador 252. El procesador 252 controla la operación del controlador 248 del flujo del fluido, con el fin de agregar una cantidad seleccionada del marcador diluido desde el reservorio 250 de marcador diluido, al fluido que fluye dentro del conducto 268. El procesador 252 controla la operación del controlador 248 del flujo del fluido, de acuerdo con la señal recibida del sensor 254. El controlador 248 del flujo del fluido opera de acuerdo a una señal recibida del procesador 252, y agrega la cantidad seleccionada de marcador diluido que fluye por el conducto 268, en el punto 272 de inyección de marcador del conducto 268.

El marcador diluido fluye desde la salida 266 hacia el punto 272 de inyección de marcador dentro del conducto 274. El marcador diluido que contiene marcador en

218
218

la primera concentración, se mezcla con el fluido que fluye por el conducto 268 y así, el fluido que fluye aguas abajo del punto 272 de inyección de marcador contiene marcador en una segunda concentración de marcador.

Se acota que como la acción del controlador 248 de flujo del fluido sobre el reservorio 250 de marcador diluido es multiplicativa, la segunda concentración de marcador será menor que la primera concentración de marcador, en varios órdenes de magnitud. Por ejemplo, si la primera concentración de marcador es igual a 3 ppm y la velocidad del flujo en el conducto 274 es una milésima de aquella en el conducto 268, entonces la segunda concentración de marcador es igual a 3 ppb (es decir, una milésima de la primera concentración de marcador). Así, el sistema de marcación de fluidos 240 permite que un fluido sea marcado a concentraciones sustancialmente más bajas que aquella del sistema 50 de marcación de fluido.

Se acota también que sensores adicionales similares al sensor 254 pueden ser empleados para medir las propiedades del fluido o del marcador, en diferentes sitios dentro del sistema 240 de marcación de fluido. Estos sensores adicionales pueden posicionarse dentro de la fuente de fluido no marcado y del reservorio de marcador diluido, entre la fuente de marcador y del reservorio de marcador diluido, entre el reservorio de marcador diluido y el punto de inyección de marcador, en la fuente de marcador, y así. Cada uno de los sensores adicionales se acopla con el procesador. Las propiedades del fluido y del marcador se miden en estas localizaciones adicionales, y como se describió más arriba en conexión con la Figura 3, la primera concentración de marcador y la segunda concentración de marcador pueden ser controladas con mayor precisión.

Alternativamente, el sistema 240 de marcación de fluidos puede operar sin los controladores 244 y 246 del flujo del fluido, en cuyo caso el reservorio 250 de marcador diluido se llena con anticipación con un diluyente y el marcador en la concentración requerida. Este diluyente es un fluido compatible con el fluido que fluye por el conducto 268. Por ejemplo, si fluye gasolina dentro del conducto 268, entonces se puede utilizar gasolina o combustible diesel para diluir el marcador de la fuente de marcador 242. Además, alternativamente, el controlador 246 del flujo del fluido puede ser una bomba, para que bombee el diluyente desde el reservorio de diluyente (no se muestra) o desde un conducto de diluyente que fluye, hacia el reservorio 250 de marcador diluido.

219
219

Alternativamente, una variedad de diferentes marcadores se diluyen por un diluyente en el reservorio de marcador diluido. Los marcadores pueden ser diluidos ya sea manual o automáticamente. Si los marcadores se diluyen automáticamente, entonces una variedad de fuentes de marcador (no se muestran) se acoplan con la entrada de una bomba de marcador (no se muestra), por una pluralidad de válvulas (no se muestran), similares a la válvula 108 de la Figura 2. La entrada de cada una de las válvulas está acoplada con la fuente de marcador respectiva, la salida de las válvulas está acoplada con la entrada de la bomba de marcador y la salida de la bomba de marcador está acoplada con el reservorio de marcador diluido. Cada una de las válvulas y la bomba de marcador están acoplados con el procesador.

Además alternativamente, la entrada del controlador 248 de flujo del fluido puede estar acoplada con un reservorio de marcador diluido diferente en cualquier momento dado. Alternativamente, el controlador 248 de flujo del fluido es una bomba y la entrada de la bomba está acoplada con una pluralidad de reservorios de marcador diluido, mediante una pluralidad de válvulas similares a la válvula 108 (Figura 2), dedicadas a cada reservorio de marcador diluido.

Se hace referencia ahora a la Figura 6, que es una ilustración esquemática de un sistema de marcación de fluido, generalmente referido como 276, construido y operado de acuerdo con otra modalidad de la técnica descrita. El sistema de marcación de fluido 276 incluye una fuente de marcador 278 secundaria, una fuente de marcador 280 principal y un reservorio de marcador diluido 282. Un fluido fluye por el conducto 284 desde una fuente de fluido no marcado (no se muestra), hacia un destino de fluido marcado (no se muestra). La fuente 280 de marcador principal se acopla con la fuente secundaria 278 de marcador y con el reservorio 282 de marcador diluido. El reservorio 282 de marcador diluido se acopla con el conducto 284 en el punto 286 de inyección de marcador del conducto 284.

La fuente secundaria 278 de marcador contiene un marcador secundario y la fuente principal 280 contiene un marcador principal. Cada uno de los marcadores principal y secundario es similar al marcador que se describe más arriba en conexión con la Figura 1. El reservorio 282 de marcador diluido contiene un diluyente similar a aquél descrito más arriba en conexión con la Figura 5. La fuente secundaria 278 de marcador puede contener diferentes tipos de marcadores

23

secundarios y la fuente principal 280 de marcador puede contener diferentes tipos de marcadores principales.

Las estructuras moleculares del marcador secundario y del marcador principal son diferentes. La diferencia, por ejemplo, puede estar en los elementos atómicos de ambos marcadores, permitiendo una identificación distintiva de cada marcador mediante un detector de marcador. El marcador secundario se diluye con el marcador principal. Así, el marcador principal en la fuente principal 280 de marcador contiene el marcador secundario en una concentración sustancialmente baja. Los contenidos de la fuente principal 280 de marcador (por ejemplo: el marcador secundario diluido en el marcador principal), es diluido adicionalmente en el diluyente del reservorio 282 de marcador diluido. La concentración del marcador principal en la solución marcadora del reservorio 282 de marcador diluido, se designa como C_{1p} y la concentración del marcador secundario en la solución marcadora del reservorio 282 de marcador diluido, está representada por C_{1s} , donde

$$C_{1s} \ll C_{1p} \quad (1)$$

La solución marcadora del reservorio 282 de marcador diluido se agrega al fluido que fluye dentro del conducto 284, en el punto de inyección de marcador 286. La solución marcadora se disuelve en el fluido en el destino del fluido marcado en una concentración C_{MS} . La concentración del marcador principal en el destino de fluido marcado, está representada por C_{2p} y la concentración del marcador secundario en el destino de fluido marcado, está representada por C_{2s} donde

$$C_{2p} = C_{MS} \cdot C_{1p} \quad (2)$$

Y

$$C_{2s} = C_{MS} \cdot C_{1s} \quad (3)$$

5 entonces,

$$C_{2p} < C_{1p} \quad (4)$$

$$C_{2s} < C_{1s} \quad (5)$$

y

221
221

$$C_{2s} \ll C_{2p} \quad (6)$$

La concentración del marcador secundario en el destino del fluido marcado, C_{2s} es tan baja que un detector de marcador similar al detector de marcador 302 (Fig. 6), es normalmente incapaz de detectar la presencia de un marcador secundario en el destino del fluido marcado. Sin embargo, la presencia del marcador secundario en el destino de fluido marcado puede ser detectada por métodos más precisos, más elaborados y más consumidores de tiempo, tal como mediante el incremento de la concentración del fluido a prueba, la ignición de una muestra del fluido a prueba antes de llevar a cabo la prueba para eliminar algunas de las sustancias del fluido, y otras. Así, la cantidad de marcador secundario es seleccionada para ser sustancialmente menor a la cantidad de marcador principal, donde la presencia de marcador secundario en el fluido no puede ser detectada (por ejemplo: por una detección por el analizador de fluorescencia de rayos X) sin incrementar la concentración del marcador secundario en el fluido. Dicha configuración aumenta la seguridad contra la fácil identificación de los marcadores llevada a cabo en actividades criminales dirigidas a imitar el marcador para falsificarlo y agregarlo a fluido ilegítimo.

Se acota que en tan bajas concentraciones la detección de la sola presencia del marcador secundario es posible, pero normalmente no es posible determinar la concentración de un marcador secundario en el fluido marcado.

Así, el marcador secundario funciona como una huella digital del marcador principal. Si un fluido a prueba es ilegítimo, contiene un marcador idéntico al marcador principal original en la concentración correcta de marcador y no contiene la huella digital (por ejemplo: un marcador secundario), el sistema 300 de prueba de fluidos (Fig. 6) puede aún determinar si el fluido a prueba es auténtico. Sin embargo, un método más elaborado y no convencional de detección (no se muestra) detectará la ausencia del marcador secundario en el fluido a prueba y así determinará que el fluido a prueba no es auténtico.

La clave del marcador descrita más arriba en conexión con la Figura 3, puede incluir información adicional con respecto al marcador secundario. La solución marcadora puede ser preparada ya sea manual o automáticamente, empleando una combinación de una pluralidad de válvulas (no se muestran) y bombas (no se

222
222

muestran), acopladas con la fuente de marcador secundario, la fuente de marcador principal y el reservorio de marcador diluido.

Se acota que la fuente 280 de marcador principal puede contener una pluralidad de diferentes marcadores secundarios, en donde es más difícil que un fluido adulterado pase la prueba de fluido no convencional. Asimismo se acota que el sistema 276 de marcación de fluido puede incluir una pluralidad de fuentes de marcadores secundarios similares a la fuente 278 de marcador secundario, una pluralidad de fuentes de marcador principal similares a la fuente 280 de marcador principal y una pluralidad de fuentes de marcador diluido similares a la fuente 282 de marcador diluido.

Por ejemplo, un marcador secundario (yoduro de etilo) y un marcador principal (tetrabromoetano) se diluyen en una solución marcadora del reservorio 282 de marcador diluido, de tal forma que C_{1p} sea 2% y C_{1s} sea 300 ppm. Cuando la solución marcadora es agregada al fluido que fluye en el conducto 284, la concentración del marcador principal en el destino de fluido marcado, C_{2p} es 2 ppm y la concentración de marcador secundario en el destino de fluido marcado, C_{2s} es 1 ppb. Un sistema de marcación de fluido similar al sistema 300 de prueba de fluido (Fig. 6), puede detectar la presencia del marcador principal y medir la concentración del marcador del mismo en el fluido marcado, pero normalmente, no puede detectar la presencia del marcador secundario en el fluido marcado. Sin embargo, un sistema más preciso de prueba puede detectar la presencia del marcador secundario en el fluido marcado.

Por ejemplo, si un fluido ilegítimo contiene tetrabromoetano al 3.1 ppm y no yoduro de etilo, entonces un primer sistema de prueba de fluido similar al sistema 300 de prueba de fluido (Fig. 6) normalmente determina que el fluido ilegítimo es auténtico. Sin embargo, si el mismo fluido ilegítimo es probado por un sistema de prueba de fluido más preciso, entonces este último sistema determinará que no hay moléculas de yoduro de etilo presentes en el fluido falso y que éste no es auténtico. Entonces, al marcar un fluido con el sistema 276 de marcación, la exactitud para determinar la autenticidad de los fluidos es más alta, comparada con el fluido que está marcado con el sistema 50 de marcación (Fig. 1).

Se hace referencia ahora a la Figura 7, que es una ilustración esquemática de un sistema de marcación de fluido, generalmente referido como 300, construido y

223
222

operado de acuerdo con otra modalidad de la técnica descrita. El sistema de marcación de fluido 300 incluye un detector de marcador 302, un procesador 304, una base de datos 306 y una interfase de usuario 308.

El detector de marcador 302 es un aparato que puede detectar la presencia, ausencia y el tipo de marcador en un fluido y medir las propiedades de este marcador en el fluido. El detector 302 de marcador puede medir por lo menos una de las propiedades del marcador, como el nivel de radiación, la longitud de onda de luz absorbida o emitida, el nivel de energía atómica, la frecuencia de las vibraciones atómicas y similares.

Así, el detector 302 de marcador puede ser un espectrómetro, un analizador de fluorescencia de rayos X (XRF), un cromatógrafo de gas, un detector óptico, un detector de radiación, una generador de imágenes por resonancia magnética (MRI), una resonancia nuclear magnética (NMR), y similares. La interfase del usuario 308 es similar a la interfase 158 (Fig. 2). El procesador 304 es similar al procesador 56 (Fig. 1). La base de datos 306 incluye información respecto de las diferentes claves de marcador (por ejemplo, información de marcador).

El procesador 304 se acopla con el detector de marcador 302, la base de datos 306 y con la interfase del usuario 308. El usuario ingresa la clave del marcador mediante la interfase 308 y ésta provee la información respectiva de la clave del marcador, al procesador 304. Esta clave del marcador es similar a la que se describe más arriba en conexión con la Fig. 2. El procesador 304 suministra una señal al detector 302 de marcador para detectar la presencia, la ausencia y el tipo de marcador en el fluido y mide las propiedades del marcador en el fluido. El detector 302 de marcador puede probar el grueso del fluido (por ejemplo, el combustible fluyendo en una tubería) o una muestra del fluido que se toma del grueso de este (por ejemplo, una muestra del combustible tomada de un tanque de gas). El detector de marcador 302 examina el fluido y provee información respecto de los resultados de la prueba al procesador 304. El procesador 304 recupera la información del marcador desde la base de datos 306, de acuerdo con la información recibida desde la interfase del usuario 308. La base de datos 306 puede ser remplazada por una memoria (no se muestra) dentro del procesador 304, en cuyo caso, el procesador 304 recupera la información desde esta memoria.

724
724

El detector 302 de marcador identifica la presencia de un marcador en el fluido y mide la concentración de éste en el fluido. El procesador 304 recupera información del marcador respecto a la identidad del marcador y a la concentración del marcador preseleccionada, desde la base de datos 306, de acuerdo con la clave del marcador. El procesador 304 compara la información del detector con la información del marcador. Si la información del tipo de marcador incluida en la información del detector y la concentración del marcador coinciden, y la concentración del marcador indicado con la información del detector son iguales, dentro de un margen de error aceptable, a la concentración indicada por la información del marcador, entonces el procesador 304 determina que el fluido a prueba es auténtico.

Si la información del tipo de marcador incluida en la información del detector de marcador y en la información del marcador, no coinciden, o si la concentración indicada por la información del detector de marcador difieren, más allá del margen de error aceptado, de la concentración del marcador indicado por la información del marcador, entonces el procesador 304 determina que el fluido a prueba no es auténtico. El procesador 304 suministra una señal respectiva de la autenticidad del fluido bajo prueba a la interfase 308 de usuario y la interfase 308 produce un resultado de acuerdo con la señal recibida del procesador 304.

Por ejemplo, la clave del marcador incluye información con respecto a la refinería que es la fuente del fluido. El procesador 304 procesa la información del detector de marcador recibida del detector 302 de marcador y la información del marcador obtenida desde la base de datos 306 y determina si la fuente del fluido bajo prueba coincide con la información de la clave del marcador respectivo del fluido originado desde la refinería.

Alternativamente, el procesador 304 incluye información del marcador respecto de la única clave de marcador, y el sistema 300 de prueba de fluido retirado de la base de datos 306. El procesador 304 compara la información del detector de marcador recibida del detector 302 con la información del marcador guardada en el procesador 304 y determina si el fluido a prueba es auténtico o no. Un sistema de prueba de fluido similar al sistema 300 de prueba de fluido, puede ser instalado por ejemplo, en un automóvil con el fin de determinar si el tanque de gas del automóvil ha sido llenado con un grado predeterminado de combustible.

Se hace referencia ahora a la Figura 8, que es una ilustración esquemática de un sistema de marcación de fluido, generalmente referido como 330, construido y operado de acuerdo con otra modalidad de la técnica descrita. El sistema de prueba de fluido 330 incluye un número de identificadores de fuente de fluido 332, 334 y 336, una interfase de comunicación 338, una base de datos 340 y un bus 342. La interfase de comunicación 338 se acopla con la base de datos 340 y con el bus 342. Los identificadores de la fuente del fluido 332, 334 y 336 se acoplan con el bus 342.

El bus 342 es un enlace de radio (por ejemplo, mediante un satélite, una red celular, un sistema óptico de espacio libre (FSO) u otro), una línea de conexión o una combinación de los anteriores. Cada identificador 332, 334 y 336 de la fuente del fluido y la interfase de comunicación 338 pueden ser acopladas con el bus 342 ya sea por enlace radial, una conexión en línea o una combinación de los anteriores.

El identificador 332 de la fuente del fluido incluye un detector de marcador 344, un procesador 346, una interfase de usuario 348 y una interfase de comunicación 350. El detector 344 de marcador y la interfase de usuario

348 son similares al detector de marcador 302 (Fig. 5) y a la interfase de usuario 308, respectivamente. La base de datos 340 es similar a la base de datos 306 (Fig. 5). El procesador 346 es similar al procesador 56 (Fig. 1). El procesador 346 se acopla con el detector de marcador 344, la interfase de usuario 348 y la interfase de comunicación 350. La interfase de comunicación 350 se acopla con el bus 342.

La descripción siguiente del identificador 332 de la fuente del fluido, aplica también a los identificadores de la fuente del fluido 334 y 336. El usuario ingresa información respecto del tipo de fluido # 1, una clave de marcador, y otros, mediante la interfase del usuario 348 y ésta proporciona la información al procesador 346. El procesador 346 suministra una señal al detector 344 de marcador para probar el fluido # 1. El detector de marcador 344 lleva a cabo la prueba del fluido #1 y proporciona información respecto del resultado de la prueba al procesador 346.

El procesador 346 establece un enlace con la base de datos 340, mediante las interfases de comunicación 350 y 338 y el bus 342 y recupera información de la

226
226

base de datos 340, de acuerdo con la información recibida de la interfase del usuario 348. El procesador 346 procesa la información recibida del detector de marcador 340, determina si el fluido # 1 es auténtico o no y suministra una señal respectiva a la interfase del usuario 348. La interfase 348 proporciona un resultado de acuerdo con la señal recibida del procesador 346. Se acota que como no se incluye una base de datos en los identificadores 332, 334 y 336 de fuentes de fluido, cada uno de estos identificadores de fuentes de fluido puede ser portátil y compacto, facilitando, así, la autenticación de los fluidos en el sitio. El sistema de prueba de fluido 330 puede ser utilizado, por ejemplo, para el monitoreo de fluidos en diferentes estaciones de gasolina, en diferentes tanques de almacenamiento en cada estación de gasolina, en los sitios de distribución de una modalidad de petróleo, y más.

Se hace referencia ahora a la Figura 9, que es una ilustración esquemática de un método de marcación de fluido, operado en concordancia con otra modalidad de la técnica descrita. En el procedimiento 370, un fluido es inducido a fluir desde una fuente de fluido no marcado hacia un destino de fluido marcado. Con referencia a la Figura 1, un fluido fluye por el conducto 64, desde una fuente de fluido sin marcar hacia un destino de fluido marcado, ya sea por acción de una bomba o por gravedad.

En el procedimiento 372, se mide una propiedad del fluido que fluye desde la fuente de fluido no marcado hacia el destino de fluido marcado. Con referencia a la Figura 1, el sensor 58 mide la velocidad de flujo del fluido que fluye dentro del conducto 64 y provee una señal de la velocidad de flujo al procesador 56.

En el procedimiento 374, la cantidad de un marcador que deberá ser añadido al fluido que fluye es determinada, de acuerdo con la propiedad medida. Con referencia a la Fig. 1, el procesador 56 determina la cantidad de marcador que deberá ser añadido al fluido en el punto de inyección de marcador 66, de acuerdo con la señal de velocidad de flujo y con el empleo de la tabla de búsqueda almacenada en el procesador 56. Por ejemplo, si el controlador 54 de flujo del fluido es una bomba de desplazamiento variable, entonces el procesador 56 determina que una velocidad de bombeo para el controlador de flujo de fluido 54.

En el procedimiento 376, la cantidad determinada de marcador es agregada al fluido que fluye, marcando así, el fluido que fluye. Con referencia a la Fig. 1, el

227
227

procesador 56 suministra una señal al controlador 54 de flujo del fluido para que controle la operación del controlador 54 de flujo de fluido, de tal forma que el controlador 54 de flujo del fluido admita la cantidad determinada de marcador al torrente del fluido. Por ejemplo, si el controlador de flujo del fluido 54 es una bomba de desplazamiento variable, entonces el controlador 54 opera a una velocidad de bombeo determinada, con el fin de inyectar la cantidad determinada de marcador en el punto 66 de inyección de marcador, durante un periodo establecido de tiempo.

Ahora se hace referencia a la figura 10, que es una ilustración esquemática de un método para probar un fluido, operativo de acuerdo con otra modalidad de la técnica descrita. En el procedimiento 400, se determina la concentración de un marcador principal en un fluido. Con referencia a la Fig. 7, el detector 302 determina la concentración de un marcador principal en un fluido a prueba. Este marcador principal pudo haber sido agregado al fluido a prueba, por medio de un sistema de marcación de fluido similar al sistema 276 de marcación (Fig. 6). Se acota que el sistema 276 de marcación de fluido puede agregar una pluralidad de diferentes marcadores principales y entonces, el detector 302 determina la concentración de una pluralidad de diferentes marcadores principales.

En el procedimiento 402, la concentración determinada se compara con la concentración predeterminada. Con referencia a la Fig. 7, el procesador 304 recibe información del detector de marcador desde el detector 302 de marcador, en donde esta información del detector de marcador incluye información con respecto a la concentración del marcador principal en el fluido a prueba. El procesador 304 recupera la información del marcador desde la base de datos 306 de acuerdo con la información de la clave del marcador que el usuario ingresó a la interfase de usuario 308. El procesador 304 compara la concentración determinada incluida en la información del detector de marcador, con la concentración de marcador predeterminada incluida en la información del marcador.

En el procedimiento 404, se determina una primera autenticidad del fluido, de acuerdo con el resultado de la comparación. Con referencia a la Fig. 6, si la concentración determinada iguala, dentro de un rango aceptable, a la concentración predeterminada, entonces el procesador 304 determina que el fluido a prueba es auténtico. Si se determina que el fluido es auténtico, entonces el método continúa con el procedimiento 406. Como el procedimiento 406 es

relativamente costoso y consumidor de tiempo, sólo se lleva a cabo si el resultado del procedimiento 404 es dudoso. Si se determina que el fluido no es auténtico, entonces el método termina en el procedimiento 404.

En el procedimiento 406, la concentración del marcador secundario en el fluido se incrementa, cuando la primera autenticidad es positiva. La concentración necesita ser incrementada porque la concentración del marcador secundario es menor que aquella del marcador principal, con el fin de ocultar la existencia del marcador secundario, mientras que el marcador principal es detectado por el detector 302 (Fig. 7). La concentración del marcador secundario en un fluido puede ser incrementada con métodos como la combustión del fluido, la filtración de las sustancia del fluido, proporcionar una adecuada reacción química del fluido con una pluralidad de sustancias químicas y otras.

En el procedimiento 408, se determina la presencia del marcador secundario. El marcador secundario pudo haber sido añadido al fluido, con un sistema de marcación de fluido similar al sistema 276 (Fig. 6). La presencia del marcador secundario en el fluido a prueba es determinada por métodos como aquellos descritos más arriba en conexión con la Fig. 6 (procedimiento 410). Se acota que el sistema 276 de marcado de fluido puede añadir una pluralidad de diferentes marcadores secundarios a un fluido, y entonces, en el procedimiento 408, se determina la presencia de una pluralidad de diferentes marcadores secundarios.

Los expertos en el tema podrán apreciar que la técnica descrita no está limitada particularmente a lo que se muestra y describe más arriba. En cambio, el alcance de la técnica descrita se define sólo a través de las reivindicaciones que se presentan a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para marcar fluidos mediante al menos un marcador, el fluido fluye desde una fuente a un destino, el sistema comprende:

por lo menos un sensor para determinar un valor de al menos una propiedad del fluido: y

por lo menos un controlador de flujo de fluido para admitir una cantidad seleccionada de al menos un marcador en el fluido,

en donde la cantidad seleccionada se determina de acuerdo al mencionado valor del fluido y a una concentración determinada de al menos un marcador en dicho fluido en dicho destino.

2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un procesador acoplado con dicho al menos un sensor y con dicho al menos un controlador de flujo de fluido, en donde dicho procesador determina dicha cantidad seleccionada de acuerdo con dicho valor del fluido y dicha concentración predeterminada, y

en donde el procesador ordena a dicho al menos un controlador de flujo de fluido para que admita dicha cantidad seleccionada en dicho fluido.

3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además al menos otro sensor para determinar un valor de marcador de por lo menos una propiedad de dicho por lo menos un marcador, en donde dicha cantidad seleccionada es determinada de acuerdo con dicho valor de marcador.

4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende además un procesador acoplado con dicho al menos un sensor, dicho al menos otro sensor y con dicho al menos un controlador del flujo del fluido, en donde dicho procesador determina dicha cantidad seleccionada de acuerdo a dicho valor del fluido, dicho valor del marcador y dicha predeterminada concentración, y

en donde el procesador ordena a dicho al menos un controlador del flujo de fluido para que ingrese dicha cantidad seleccionada en dicho fluido.

5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho por lo menos un controlador de flujo de fluido es seleccionado de la lista que consiste de:

bomba; y

válvula.

6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el tipo de dicha bomba se selecciona de la lista que consiste de:

desplazamiento constante; y

desplazamiento variable.

7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además por lo menos un reservorio de marcador diluido acoplado con uno de dichos al menos un controlador de flujo de fluido respectivo, en donde dicho al menos un reservorio de marcador diluido contiene dicho al menos un marcador, diluido en un diluyente, y

en donde dicho al menos un controlador de flujo de fluido respectivo admite una de dicha al menos cantidad seleccionada de dicho al menos un reservorio de marcador diluido en dicho fluido.

8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 7, en donde por lo menos un reservorio de marcador diluido se acopla con al menos otro de dicho al menos un controlador de flujo de fluido respectivo, y en donde por lo menos otro controlador de flujo de fluido respectivo admita dicho diluyente en dicho al menos un reservorio de marcador diluido.

9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 7, en donde dicho diluyente es dicho fluido.

10. El sistema de acuerdo a la reivindicación 1, que comprende además por lo menos una fuente de marcador acoplada con uno de dichos al menos uno de los controladores de flujo respectivos, dicha al menos una fuente de marcador contiene uno de al menos un marcador respectivo.

11. El sistema de acuerdo a la reivindicación 10, que comprende además un procesador acoplado con dicho al menos un sensor y con dicho al menos un controlador de flujo de fluido,

en donde los seleccionados de dicho al menos un controlador de flujo de fluido es una válvula, y otro de dichos al menos un controlador de flujo de fluido es una bomba,

en donde la entrada de dicha válvula se acopla con dicha al menos una fuente de marcador,

en donde la salida de dicha válvula está acoplada con dicha bomba,

en donde dicho procesador determine la cantidad seleccionada de acuerdo con dicho valor del fluido y con dicha concentración predeterminada, y

en donde dicho procesador ordena a dicha válvula y dicha bomba a admitir la cantidad seleccionada en dicho fluido.

12. El sistema de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende además al menos un reservorio de marcador diluido acoplado con un uno de dichos al menos un controlador de flujo de fluido respectivo, y con uno de dichos al menos una fuente de marcador, en donde dicho al menos un reservorio de marcador diluido contiene al menos un marcador, diluido en un diluyente y,

en donde al menos uno de dichos controladores de flujo de fluido admite una de dichas cantidades seleccionadas desde al menos un reservorio de marcador diluido en dicho fluido.

13. El sistema de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además un procesador, en donde por lo menos uno de dichos controladores de flujo de fluido mencionados está acoplado con dicho procesador, dicho al menos un reservorio de marcador diluido y con dicha al menos una fuente de marcador,

en donde dicho procesador ordena a dicho al menos otro controlador de flujo de fluido a admitir al menos un marcador de dicha al menos una fuente de marcador en dicho al menos un reservorio de marcador diluido.

14. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde al menos un marcador comprende:

al menos un marcador principal; y

al menos un marcador secundario,

15 en donde la cantidad de dicho al menos un marcador secundario es sustancialmente menor que la cantidad de dicho al menos un marcador principal, por el cual la presencia de dicho al menos un marcador secundario en dicho fluido,

732
22
/

sea indetectable a menos que se incremente la concentración de dicho al menos un marcador secundario en dicho fluido.

15. El sistema de acuerdo con la reivindicación 14, en donde dicho al menos un marcador principal y dicho al menos un marcador secundario son diferentes.

16. El sistema de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además:

al menos una fuente de marcador principal que contenga al menos uno de dichos marcadores principales, dicha al menos una fuente de marcador principal está acoplada con dicho al menos un controlador de flujo; y

una fuente de marcador secundaria que contiene al menos uno de los marcadores secundarios mencionados, dicha al menos una fuente de marcador secundario está acoplada con uno de dichas al menos una de las fuentes de marcador principal,

en donde dicho al menos un marcador secundario está presente en dicha al menos una fuente de marcador principal.

17. El sistema de acuerdo con la reivindicación 16, que comprende además un procesador, donde al menos otro de los mencionados controladores de flujo de fluido está acoplado con una de dichas al menos una fuente de marcador

principal, una de dichas al menos una fuente secundaria, y con dicho procesador, y

en donde dicho procesador ordena a dicho al menos otro controlador de flujo de fluido para que admita al menos uno de los marcadores secundarios mencionados, desde al menos una de las fuentes secundarias mencionadas en al menos una de las fuentes primarias mencionadas.

18. El sistema de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además:

al menos una fuente de marcador principal que contenga al menos uno de dichos marcadores principales;

al menos una fuente de marcador secundario que contenga al menos uno de los marcadores secundarios mencionados, dicha al menos una fuente de marcador secundario está acoplada con su respectiva al menos una fuente de marcador principal, y

233
89

al menos un reservorio de marcador diluido acoplado con uno de al menos un controlador de flujo de fluido, y con al menos una de las fuentes de marcador principales,

en donde al menos un marcador secundario está presente en dicha al menos una fuente de marcador principal,

en donde dicho al menos un reservorio de marcador diluido contiene dicho al menos un marcador principal y dicho al menos un marcador secundario diluido en un diluyente, y

en donde dicho al menos un controlador de flujo de fluido respectivo admita una de dichas cantidades seleccionadas desde dicho al menos un reservorio de marcador diluido en dicho fluido.

19. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho al menos un sensor determina dicho valor del fluido, en un punto de medición localizado aguas abajo del punto de inyección de marcador, en el cual dicho al menos un controlador de flujo de fluido admite dicho al menos un marcador en dicho fluido.

20. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho al menos un sensor determina dicho valor del fluido, en un punto de medición localizado aguas arriba del punto de inyección de marcador, en el cual dicho al menos un controlador de flujo de fluido admite dicho al menos un marcador en dicho fluido.

21. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho por lo menos un controlador de flujo de fluido admite dicha cantidad seleccionada, mediante operar durante un periodo de tiempo seleccionado.

22. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho al menos un controlador de flujo de fluido admite dicha cantidad seleccionada, mediante operar a una velocidad seleccionada.

23. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicha concentración predeterminada es igual, dentro de un margen aceptable, a 3 partes por millón.

234
234

24. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la tolerancia de dicha concentración predeterminada es igual al 5% del valor de dicha concentración predeterminada.

25. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:

- un procesador; y
- una interfase de usuario acoplada a dicho procesador,
- en donde dicha interfase de usuario recibe una clave del marcador por parte del usuario, y
- en donde dicho procesador determina dicha cantidad seleccionada de acuerdo a dicha clave del marcador.

COMPUTADOR

26. El sistema de acuerdo con la reivindicación 25, en donde dicha clave de marcador incluye información seleccionada de la lista que consiste de:

- el tipo de al menos un marcador;
- la estructura molecular de al menos un marcador;
- una combinación de dicho al menos un marcador;
- dicha concentración predeterminada;
- la hora y la fecha de la marcación de dicho fluido por dicho al menos un marcador;
- la localización geográfica de dicha marcación; y
- el tipo y la fuente del fluido.

27. El sistema de acuerdo con la reivindicación 25, en donde el tipo de dicha clave de marcador es seleccionada de la lista que consiste de:

- el código alfanumérico; y
- el código de barras.

28. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:

- un procesador; y
- una base de datos acoplada con dicho procesador,
- en donde dicho procesador determina dicha cantidad seleccionada, de acuerdo con la información incluida dentro de dicha base de datos.

235
289

29. El sistema de acuerdo con la reivindicación 28, en donde dicha información es seleccionada respecto de los parámetros de la lista que consiste de:

la operación de dicho al menos un controlador de flujo de fluido;

el tipo de dicho al menos un marcador;

la estructura molecular de dicho al menos un marcador;

dicha cantidad seleccionada;

dicha concentración predeterminada;

el tipo de dicho al menos un sensor;

una pluralidad de valores de señal de salida de dicho al menos un sensor;

15 el tipo de dicho fluido; y

la clave del marcador.

30. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:

un procesador; y

un identificador de fluido acoplado a dicho procesador,

en donde dicho identificador de fluido determine el tipo de dicho fluido, y

en donde dicho procesador determine dicha cantidad seleccionada de acuerdo a dicho tipo.

31. El sistema de acuerdo a la reivindicación 30, en donde dicho identificador del tipo de fluido es seleccionada de la lista que consiste de:

el medidor de densidad; y

el viscosímetro.

32. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el tipo de dicho al menos un sensor es seleccionado de la lista que consiste de:

el sensor de temperatura;

el medidor de flujo;

el viscosímetro;

237
237

germanio

36. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el tipo de dicho al menos un marcador es seleccionado de la lista que consiste de:

- 25 líquido;
gas;
cuerpo sólido;
polvo;
sustancia emisora de luz;
sustancia que absorbe luz;
radioactivo;
no radioactivo; y
una combinación de las anteriores.

37. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho fluido es seleccionado de la lista que consiste de:

- nafta;
gasolina;
combustible diesel;
gasolina para aviones;
queroseno;
propano;
petróleo crudo;
lubricante;
fluido hidráulico; y
gas natural.

38. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde cada una de dichas fuentes y d dicho destino es seleccionado de la lista que consiste de:

- sitio de petróleo subterráneo;
sitio de petróleo marítimo;
tanque de almacenamiento en una refinería de petróleo;

238
29

tanque de almacenamiento en una planta de generación eléctrica;
tanque de almacenamiento en un generador eléctrico;
tanque de almacenamiento en una gasolinera;
tanque de almacenamiento en un vehículo repartidor de aceite;
tanque de almacenamiento en una instalación habitable;
tanque de almacenamiento en un vehículo motorizado terrestre;
tanque de almacenamiento en una aeronave; y
tanque de almacenamiento en un vehículo marino.

39. Método para marcar un fluido de hidrocarburo mediante un marcador, el fluido fluye desde una fuente a un destino, el método comprende los procedimientos de:

medir una propiedad del fluido;
determinar la cantidad del marcador que deberá ser añadido al fluido,
de acuerdo con la propiedad medida; y
agregar dicha cantidad a dicho fluido, marcando así dicho fluido.

Contro

40. El método de acuerdo con la reivindicación 39, que comprende además un procedimiento preliminar de diluir dicho marcador en un diluyente.

41. De acuerdo con el método de la reivindicación 39, que comprende además un procedimiento preliminar de preparar dicho marcador, mediante agregar un marcador secundario a un marcador principal.

42. El método de acuerdo con la reivindicación 41, en donde el marcador secundario es agregado a dicho marcador principal, en una concentración tan baja, en donde la cantidad de dicho marcador secundario es sustancialmente más baja que la cantidad de dicho marcador principal, en donde la presencia de dicho marcador secundario en el fluido, es indetectable a menos de que se aumente la concentración de dicho marcador secundario en dicho fluido.

43. El método de acuerdo con la reivindicación 41, que comprende además un procedimiento adicional de diluir dicho marcador principal y dicho marcador secundario en un diluyente.

239
239

44. El método de acuerdo con la reivindicación 39, en donde dicho marcador es seleccionado de la lista que consiste de:

un compuesto químico que tenga por fórmula general $C_nH_{2n+2-m}X_m$, en donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$;

un compuesto químico que tenga por fórmula general $C_2(H_{2n+1-m}C_n)_4X_m$ en donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$;

un compuesto químico que tenga por fórmula general $C_{n-m}H_{2n+2}Y_m$, en donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$, $m < n$; y

un compuesto químico que tenga por fórmula $C_2(H_{2n+1}C_{n-m})$ en donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$,

donde "X" y "Y" representan un elemento químico que puede ser detectado por un analizador de fluorescencia de rayos X.

45. El método de acuerdo con la reivindicación 44, en donde dicho elemento químico "X" es un halógeno seleccionado de la lista que consiste de:

fluor;

cloro;

bromo;

yodo; y

litio.

46. El método de acuerdo con la reivindicación 44, en donde dicho elemento químico "Y" es un elemento químico seleccionado de la lista que consiste de:

silicio; o

germanio.

47. El método de acuerdo con la reivindicación 41, en donde el tipo de cada marcador principal dado y dicho marcador secundario, es seleccionado de la lista que consiste de:

líquido;

gas;

cuerpo sólido;

polvo;

240
210

sustancia emisora de luz;
sustancia que absorbe luz;
radioactivo;
no radioactivo; y
una combinación de las anteriores.

48. El método de acuerdo con la reivindicación 39, en donde dicho procedimiento determinante se lleva a cabo de acuerdo con la clave del marcador.

49. El método de acuerdo con la reivindicación 39, en donde dicho procedimiento determinante incluye un subprocedimiento de procesar dicha propiedad medida, junto con las entradas en una tabla de búsqueda.

50. El método de acuerdo con la reivindicación 39, en donde dicho procedimiento incluye un subproceso de correr un algoritmo.

51. El método de acuerdo con la reivindicación 39, en donde dicho procedimiento determinante incluye un subproceso que consiste en procesar dicha propiedad medida, de acuerdo con la información obtenida de una memoria.

52. El método de acuerdo con la reivindicación 39, en donde dicho procedimiento de agregar incluye un subproceso de controlar la operación de al menos un controlador de flujo de fluido.

53. El método de acuerdo con la reivindicación 39, que comprende además un procedimiento preliminar de determinar el tipo de dicho fluido.

54. El método de acuerdo con la reivindicación 39, que comprende además un procedimiento preliminar de medir dicha propiedad de dicho marcador.

55. El método de acuerdo con la reivindicación 39, en donde dicho procedimiento de agregar se lleva a cabo en un punto de inyección de marcador de un conducto dentro del cual dicho fluido fluye, y

212
242

- sitio de petróleo subterráneo;
- sitio de petróleo marítimo;
- tanque de almacenamiento en una refinería de petróleo;
- tanque de almacenamiento en una planta de generación eléctrica;
- tanque de almacenamiento en un generador eléctrico;
- tanque de almacenamiento en una gasolinera;
- tanque de almacenamiento en un vehículo repartidor de petróleo;
- tanque de almacenamiento en una instalación habitable;
- tanque de almacenamiento en un vehículo motorizado terrestre;
- tanque de almacenamiento en un vehículo aéreo; y
- tanque de almacenamiento en un vehículo marino.

60. El método de acuerdo con la reivindicación 39, en donde el procedimiento de agregar es llevado a cabo, de tal forma que la concentración de dicho marcador en el fluido sea igual, dentro de un margen aceptable, a 3 partes por millón.

61. El método de acuerdo con la reivindicación 60, en donde la tolerancia de dicha concentración es igual al 5% del valor de dicha concentración.

62. Un método para determinar la autenticidad de un fluido, el método comprende los pasos de:

- comparar la concentración de un marcador principal en dicho fluido, con una concentración predeterminada;

- determinar una primera autenticidad de dicho fluido, de acuerdo con el resultado de dicha comparación;

- incrementar la concentración de un marcador secundario en dicho fluido, cuando dicha primera autenticidad sea positiva;

- determinar la presencia de dicho marcador secundario en dicho fluido; y

- determinar una segunda autenticidad de dicho fluido, de acuerdo con el resultado del proceso para determinar la presencia de dicho marcador secundario.

63. El método de acuerdo con la reivindicación 62, que comprende además un procedimiento preliminar de determinar dicha concentración.

243
243

64. El método de acuerdo con la reivindicación 62, en donde dicha concentración se determina mediante un aparato seleccionado de la lista que consiste de:

- espectrómetro;
- analizador de fluorescencia de rayos x;
- cromatógrafo de gases;
- detector de radiación; y
- detector de ultrasonido.

65. El método de acuerdo con la reivindicación 62, en donde dicha primera autenticidad se determina positiva, si dicha concentración iguala, dentro del margen aceptable, dicha concentración predeterminada.

66. El método de acuerdo con la reivindicación 62, en donde dicha primera autenticidad es determinada negativa, si dicha concentración varía de la concentración predeterminada dada más allá de un margen aceptable.

67. El método de acuerdo con la reivindicación 62, en donde dicha concentración predeterminada iguala, dentro de un margen aceptable, a 3 partes por millón.

68. El método de acuerdo con la reivindicación 62, en donde la tolerancia de dicha concentración predeterminada es aproximadamente igual al 5% del valor de dicha concentración predeterminada.

69. El método de acuerdo con la reivindicación 62, en donde el valor de dicha concentración predeterminada se incluye en una clave del marcador.

70. El método de acuerdo con la reivindicación 62, en donde el valor de dicha concentración predeterminada se incluye en una memoria.

71. El método de acuerdo con la reivindicación 62, en donde dicho fluido es seleccionado de la lista que consiste de:

- nafta;

2421
244

gasolina;
combustible diesel;
gasolina para avión;
queroseno;
propano;
petróleo crudo;
lubricante;
fluido hidráulico; y
gas natural.

72. El método de acuerdo con la reivindicación 62, en donde la fuente de dicho fluido es seleccionada de la lista que consiste de:

sitio de petróleo subterráneo;
sitio de petróleo marítimo;
tanque de almacenamiento en una refinería de petróleo;
tanque de almacenamiento en una planta de generación eléctrica;
tanque de almacenamiento en un generador eléctrico;
tanque de almacenamiento en una gasolinera;
tanque de almacenamiento en un vehículo repartidor de petróleo;
tanque de almacenamiento en una instalación habitable;
tanque de almacenamiento en un vehículo motorizado terrestre;
tanque de almacenamiento en un vehículo aéreo; y
tanque de almacenamiento en un vehículo marino.

73. El método de acuerdo con la reivindicación 62, en donde por lo menos uno de los marcadores principales dados y uno de los marcadores secundarios dados es seleccionado de la lista que consiste de:

un compuesto químico que tenga por fórmula general $C_nH_{2n+2-m}X_m$, en donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$;

un compuesto químico que tenga por fórmula general $C_2(H_{2n+1-m}C_n)_4X_m$ en donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$;

245
249

un compuesto químico que tenga por fórmula general $C_{n-m}H_{2n+2}Y_m$, en donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$, $m < n$; y

un compuesto químico que tenga por fórmula $C_2(H_{2n+1}C_{n-m})$ en donde $n=1,2,3, \dots$, $m=1,2,3, \dots$,

donde "X" y "Y" representan un elemento químico que puede ser detectado por un analizador de fluorescencia de rayos X.

74. El método de acuerdo a la reivindicación 73, en donde dicho elemento químico "X" es un halógeno seleccionado de la lista que consiste de:

fluor;
cloro;
bromo;
yodo; y
litio.

75. El método de acuerdo con la reivindicación 73, en donde dicho elemento químico "Y" es un elemento químico seleccionado de la lista que consiste de:

silicio; y
germanio.

246
~~246~~

RESUMEN DE LA INVENCION

El sistema de marcación de un fluido por medio de un marcador, el fluido fluye desde una fuente a un destino, el sistema incluye un sensor para determinar el valor de una propiedad del fluido y un controlador de flujo de fluido para admitir una cantidad seleccionada del marcador en el fluido, en donde la cantidad seleccionada es determinada de acuerdo con el valor del fluido y la concentración predeterminada del marcador en el fluido en el destino.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para marcar un fluido de hidrocarburo por al menos un marcador, para determinar la autenticidad del fluido, el fluido que fluye desde una fuente a un destino, el sistema que comprende: al menos un sensor para determinar un valor del fluido de al menos una propiedad del fluido; y al menos un controlador de flujo de fluido para admitir una cantidad seleccionada de al menos un marcador al fluido, en donde la cantidad seleccionada se determina de acuerdo al primer valor y una concentración predeterminada de al menos un marcador en el fluido; y en donde el controlador admite al menos un marcador al fluido, produciendo de este modo de manera instantánea fluido marcado a la concentración predeterminada.

2. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además un procesador acoplado con al menos un sensor y con al menos un controlador de flujo de fluido, en donde el procesador determina la cantidad seleccionada de acuerdo al valor de fluido y la concentración predeterminada, y en donde el procesador dirige al menos un controlador de flujo de fluido para admitir la cantidad seleccionada al fluido.

3. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además al menos otro sensor para determinar un valor de marcador de al menos una propiedad del marcador de

248
218

al menos un marcador, en donde la cantidad seleccionada se determina de acuerdo al valor del marcador.

4. Sistema según la reivindicación 3, que comprende además un procesador acoplado con al menos un sensor, el al menos otro sensor y el al menos un controlador de flujo de fluido, en donde el procesador determina la cantidad seleccionada de acuerdo al valor del fluido, el valor del marcador y la concentración predeterminada, y en donde el procesador dirige al menos un controlador de flujo de fluido para admitir la cantidad seleccionada al fluido.

5. Sistema según la reivindicación 1, en donde al menos un controlador de flujo de fluido se selecciona de la lista que consiste de: bomba; y válvula.

6. Sistema según la reivindicación 5, en donde el tipo de bomba se selecciona de la lista que consiste de: desplazamiento constante; y desplazamiento variable.

7. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además al menos un depósito de marcador diluido acoplado a uno respectivo de al menos un controlador de flujo de fluido, en donde al menos un depósito de marcador diluido contiene al menos un marcador, diluido en un diluyente, y en donde el respectivo al menos un controlador de flujo de fluido admite una respectiva de la cantidad seleccionada de al menos un depósito de marcador diluido al fluido.

249
57
719

8. Sistema según la reivindicación 7, en donde al menos un depósito de marcador diluido se acopla con al menos otro respectivo de al menos un controlador de flujo de fluido, y en donde al menos otro controlador de flujo de fluido respectivo admite el diluyente a al menos un depósito de marcador diluido.

9. Sistema según la reivindicación 7, en donde el diluyente es el fluido.

10. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además al menos una fuente de marcador acoplada con un respectivo de al menos un controlador de flujo de fluido, la por lo menos una fuente de marcador que contiene un respectivo de al menos un marcador.

11. Sistema según la reivindicación 10, que comprende además un procesador acoplado con al menos un sensor y con al menos un controlador de flujo de fluido, en donde los seleccionados de al menos un controlador de flujo de fluido es una válvula, y el otro de por lo menos un controlador de flujo de fluido es una bomba, en donde la entrada de la válvula se acopla con al menos una fuente de marcador, en donde la salida de la válvula se acopla con la bomba, en donde el procesador determina la cantidad seleccionada de acuerdo al valor del fluido y la concentración predeterminada, y en donde el procesador dirige la válvula y la bomba para admitir la cantidad

es indetectable sin incrementar la concentración de al menos un marcador secundario en el fluido.

15. Sistema según la reivindicación 14, en donde al menos un marcador primario y al menos un marcador secundario son diferentes.

16. Sistema según la reivindicación 14, que comprende además: al menos una fuente de marcador primario que contiene al menos un marcador primario, la por lo menos una fuente de marcador primario que se acopla con al menos un controlador de flujo de fluido; y una fuente de marcador secundario que contiene al menos un marcador secundario, la por lo menos una fuente de marcador secundario que se acopla con una respectiva de por lo menos una fuente de marcador primario, en donde el por lo menos un marcador secundario está presente en la al menos una fuente de marcador primario.

17. Sistema según la reivindicación 16, que comprende además un procesador, en donde al menos uno de la menos un controlador de flujo de fluido se acopla con uno respectivo de al menos una fuente de marcador primario, una respectiva de al menos una fuente secundaria, y con el procesador, y en donde el procesador dirige al menos otro controlador de flujo de fluido para admitir al menos uno de al menos un marcador secundario, de al menos una fuente secundaria a al menos una de al menos una fuente primaria.

inyección de marcador, en el cual al menos un controlador de flujo de fluido admite al menos un marcador al fluido.

21. Sistema según la reivindicación 1, en donde al menos un controlador de flujo de fluido admite la cantidad seleccionada, al operar durante un periodo seleccionado de tiempo.

22. Sistema según la reivindicación 1, en donde al menos un controlador de flujo de fluido admite la cantidad seleccionada, al operar a una velocidad seleccionada.

23. Sistema según la reivindicación 1, en donde la concentración predeterminada es igual, dentro de un intervalo aceptable, a 3 partes por millón.

24. Sistema según la reivindicación 1, en donde la tolerancia de la concentración predeterminada es aproximadamente igual a 5 % del valor de la concentración predeterminada.

25. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además: un procesador; y una interfaz de usuario acoplada con el procesador, en donde la interfaz de usuario recibe una clave de marcador de un usuario, y en donde el procesador determina la cantidad seleccionada de acuerdo a la clave del marcador.

26. Sistema según la reivindicación 25, en donde la clave de marcador incluye información seleccionada de la lista que consiste de: tipo de al menos un marcador;

del tipo de fluido determina el tipo de fluido, y en donde el procesador determina la cantidad seleccionada de acuerdo al tipo.

5 31. Sistema según la reivindicación 30, en donde el identificador del tipo de fluido se selecciona de la lista que consiste de: densitómetro; y viscosímetro.

10 32. Sistema según la reivindicación 1, en donde el tipo de al menos un sensor se selecciona de la lista que consiste de: sensor de temperatura; flujómetro; viscosímetro; densitómetro; dispositivo para medir constante dieléctrica; espectrómetro; analizador de fluorescencia de rayos X; cromatografía de gases; detector de radiación; detector de ultrasonido; y una combinación de los anteriores.

15 33. Sistema según la reivindicación 1, en donde al menos un marcador se selecciona de la lista que consiste de: un compuesto químico que tiene la fórmula general $C_nH_{2n+2-m}X_m$, en donde $n = 1, 2, 3, \dots$, $m = 1, 2, 3, \dots$; un compuesto químico que tiene la fórmula general $C_2(H_{2n+1-m}C_n)_4X_m$ en donde $n = 1, 2, 3, \dots$, $m = 1, 2, 3, \dots$; un compuesto químico que tiene la fórmula general $C_{n-m}H_{2n+2}Y_m$, en donde $n = 1, 2, 3, \dots$, $m = 1, 2, 3, \dots$, $m < n$; y un compuesto químico que tiene la fórmula $C_2(H_{2n+1}C_{n-m})_4Y_m$, en donde $n = 1, 2, 3, \dots$, $m = 1, 2, 3, \dots$, en donde "X" y "Y" designan un elemento químico que se
20
25 puede detectar por un analizador de rayos X.

34. Sistema según la reivindicación 33, en donde "X" es un halógeno seleccionado de la lista que consiste de: flúor; cloro; bromo; yodo; y litio.

35. Sistema según la reivindicación 33, en donde "Y" se selecciona de la lista que consiste de: silicio; y germanio.

36. Sistema según la reivindicación 1, en donde el tipo de al menos un marcador se selecciona de la lista que consiste de: líquido; gas; cuerpo sólido; polvo; sustancia emisora de luz; sustancia absorbedora de luz; radioactivo; no radioactivo; y una combinación de los anteriores.

37. Sistema según la reivindicación 1, en donde el fluido se selecciona de la lista que consiste de: nafta; gasolina; combustible diesel; combustible a chorro; queroseno; propano; petróleo crudo; lubricante; fluido hidráulico; y gas natural.

38. Sistema según la reivindicación 1, en donde cada uno de la fuente y el destino se selecciona de la lista que consiste de: sitio de petróleo subterráneo; sitio de petróleo de ultramar; tanque de almacenamiento en una refinería de petróleo; tanque de almacenamiento en una planta de energía eléctrica; tanque de almacenamiento en un generador eléctrico; tanque de almacenamiento en una estación de gas; tanque de almacenamiento en un vehículo de distribución de petróleo; tanque de almacenamiento en una

instalación habitable; tanque de almacenamiento en un vehículo de motor terrestre; tanque de almacenamiento en un vehículo volador; y tanque de almacenamiento en un vehículo marino.

5 39. Método para marcar un fluido de hidrocarburo por un marcador, para determinar la autenticidad del fluido, el fluido que fluye desde una fuente a un destino, el método que comprende los procedimientos de: medir una propiedad de fluido; determinar la cantidad del marcador que se va a
10 adicionar al fluido, de acuerdo a la propiedad medida y una concentración predeterminada del marcador en el fluido; y adicionar la cantidad determinada al fluido en tanto que fluye, marcando de este modo de manera instantánea el fluido a la concentración predeterminada.

15 40. Método según la reivindicación 39, que comprende además un procedimiento preliminar de diluir el marcador en un diluyente.

 41. Método según la reivindicación 39, que comprende además un procedimiento preliminar de preparar el
20 marcador, al adicionar un marcador secundario o un marcador primario.

 42. Método según la reivindicación 41, en donde el marcador secundario se adiciona al marcador primario, a una concentración baja, en donde la cantidad del marcador
25 secundario es sustancialmente menor que la cantidad del

marcador primario, por lo que la presencia del marcador secundario en el fluido, es indetectable sin incrementar la concentración del marcador secundario en el fluido.

43. Método según la reivindicación 41, que
5 comprende además un procedimiento preliminar de diluir el marcador primario y el marcador secundario en un diluyente.

44. Método según la reivindicación 39, en donde el
marcador se selecciona de la lista que consiste de: un
compuesto químico que tiene la fórmula general $C_nH_{2n+2-m}X_m$, en
10 donde $n = 1, 2, 3...$, $m = 1, 2, 3...$; un compuesto químico
que tiene la fórmula general $C_2(H_{2n+1-m}C_n)_4X_m$ en donde $n = 1,$
 $2, 3...$, $m = 1, 2, 3...$; un compuesto químico que tiene la
fórmula general $C_{n-m}H_{2n+2}Y_m$, en donde $n = 1, 2, 3...$, $m = 1, 2,$
 $3...$, $m < n$; y un compuesto químico que tiene la fórmula
15 $C_2(H_{2n+1}C_{n-m})_4Y_m$, en donde $n = 1, 2, 3...$, $m = 1, 2, 3...$, en
donde "X" y "Y" designan un elemento químico que se puede
detectar por un analizador de fluorescencia de rayos X.

45. Método según la reivindicación 44, en donde el
elemento químico "X" es un halógeno seleccionado de la lista
20 que consiste de: flúor; cloro; bromo; yodo; y litio.

46. Método según la reivindicación 44, en donde el
elemento químico "Y" es un elemento químico seleccionado de
la lista que consiste de: silicio; y germanio.

47. Método según la reivindicación 41, en donde el
25 tipo de cada marcador primario y marcador secundario, se

260
260

54. Método según la reivindicación 39, que comprende además un procedimiento preliminar de medir la propiedad del marcador.

5 55. Método según la reivindicación 39, en donde el procedimiento de adición se realiza en un punto de inyección del marcador de un conducto dentro del cual fluye el fluido, y en donde el punto de inyección del marcador se localiza corriente arriba de un punto de medición del conducto, en el cual se mide la propiedad.

10 56. Método según la reivindicación 39, en donde el procedimiento de adición se realiza en un punto de inyección del marcador de un conducto dentro del cual fluye el fluido, y en donde el punto de inyección del marcador se localiza corriente abajo de un punto de medición del conducto, en el
15 cual se mide la propiedad.

57. Método según la reivindicación 39, en donde la propiedad se selecciona de la lista que consiste de: temperatura, velocidad de flujo; viscosidad; densidad; y concentración de una sustancia en el fluido.

20 58. Método según la reivindicación 39, en donde el fluido se selecciona de la lista que consiste de: nafta; gasolina; combustible diesel; combustible a chorro; queroseno; propano; petróleo crudo; lubricante; fluido hidráulico; y gas natural.

25 59. Método de conformidad con la reivindicación

261
261

39, caracterizado porque cada uno de la fuente y el destino, se selecciona de la lista que consiste de: sitio de petróleo subterráneo; sitio de petróleo de ultramar; tanque de almacenamiento en una refinería de petróleo; tanque de almacenamiento en una planta de energía eléctrica; tanque de almacenamiento en un generador eléctrico; tanque de almacenamiento en una estación de gas; tanque de almacenamiento en un vehículo de distribución de petróleo; tanque de almacenamiento en una instalación habitable; tanque de almacenamiento en un vehículo de motor de tierra; tanque de almacenamiento en un vehículo volador; y tanque de almacenamiento en un vehículo marino.

60. Método según la reivindicación 39, en donde el procedimiento de adición se realiza, tal que la concentración del marcador en el fluido es igual, dentro de un intervalo aceptable, a 3 partes por millón.

61. Método según la reivindicación 60, en donde la tolerancia de la concentración es aproximadamente igual a 5 % del valor de la concentración.

62. Método para determinar la autenticidad de un fluido, el método que comprende los procedimientos de: comparar la concentración de un marcador primario en el fluido, con una concentración predeterminada; determina una primera autenticidad del fluido, de acuerdo al resultado de la comparación; incrementar la concentración de un marcador

secundario en el fluido, en donde la primera autenticidad es positiva; determinar la presencia del marcador secundario del fluido; y determinar una segunda autenticidad del fluido, de acuerdo al resultado del procedimiento para
5 determinar la presencia del marcador secundario.

63. Método según la reivindicación 62, que comprende además un procedimiento preliminar para determinar la concentración.

64. Método según la reivindicación 62, en donde la
10 concentración se determina por un dispositivo seleccionado de la lista que consiste de: espectrómetro; analizador de fluorescencia de rayos X; cromatografía de gases; detector de radiación; y detector de ultrasonido.

65. Método según la reivindicación 62, en donde la
15 primera autenticidad se determina que es positiva, si la concentración es igual, dentro de un intervalo aceptable, a la concentración predeterminada.

66. Método según la reivindicación 62, en donde la
20 primera autenticidad se determina que es negativa, si la concentración se desvía de la concentración predeterminada más allá de un intervalo aceptable.

67. Método según la reivindicación 62, en donde la concentración predeterminada es igual, dentro de un intervalo aceptable, a 3 partes por millón.

25 68. Método según la reivindicación 62, en donde la

263
263

tolerancia de la concentración predeterminada es aproximadamente igual a 5 % del valor de la concentración predeterminada.

5 69. Método según la reivindicación 62, en donde el valor de la concentración predeterminada se incluye en una clave de marcador.

70 Método según la reivindicación 62, en donde el valor de la concentración predeterminada se incluye en una memoria.

10 71. Método según la reivindicación 62, en donde el fluido se selecciona de la lista que consiste de: nafta; gasolina; combustible diesel; combustible a chorro; queroseno; propano; petróleo crudo; lubricante; fluido hidráulico; y gas natural.

15 72. Método según la reivindicación 62, en donde la fuente de fluido se selecciona de la lista que consiste de: sitio de petróleo subterráneo; sitio de petróleo de ultramar; tanque de almacenamiento en una refinería de petróleo; tanque de almacenamiento en planta de energía eléctrica; tanque de almacenamiento en un generador de energía eléctrica; tanque de almacenamiento en una estación de gas; tanque de almacenamiento en un vehículo de distribución de petróleo; tanque de almacenamiento en una instalación habitable; tanque de almacenamiento en un
20 vehículo de motor de tierra; tanque de almacenamiento en un
25

de las reivindicaciones 39-61, sustancialmente como se describe anteriormente en la presente o como se ilustra en cualquiera de las figuras.

78. Método para determinar la autenticidad de un fluido según cualquiera de las reivindicaciones 62-75, sustancialmente como se describe anteriormente en la presente o como se ilustra en cualquiera de las figuras.

10

15

20

25

766

**SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES**

2020

Bogotá, D. C., 21 de mayo de 2009

Doctor

Mónica Wolf Wasserman

Representante **Mosche Soschin, Uziel Ben Itzhak, Yair Grof, Sorleq, NRC Israel**
Atomic Energy

ASUNTO	Radicación	03-106480
	Trámite	002
	Evento	001
	Actuación	430
	Oficio	6232
	Folios	012

Patente de Invención ☒ Patente de Modelo de Utilidad ☐

Vía Nacional ☐

Vía PCT (fase nacional) ☒ Cap. I ☐ Cap. II ☒

No. Sol. Internacional **PCT/IL02/00431**
Fecha de Presentación Internal. **3 de junio de 2002**

Como resultado del examen de fondo, realizado con fundamento en el artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le comunica:

1. Documentos estudiados

- | | | | |
|------|--------------------------|---|---|
| 1.1. | <u>Descripción:</u> | Folios: <u>16 a 69</u>
Folios <u>199 a 228</u> | tal como se radicó inicialmente
tal como se modificó el 22 de febrero de 2008 |
| 1.2. | <u>Reivindicaciones:</u> | Folios <u>70 a 94</u>
Folios <u>247 a 265</u>
Folios <u>229 a 245</u> | tal como se radicó inicialmente
modificación fase Internacional
tal como se modificó el 22 de febrero de 2008 |
| 1.3. | <u>Dibujos:</u> | Folios <u>96 a 105</u> | tal como se radicó inicialmente |
| 1.4. | <u>Prioridad:</u> | Fecha
País
Número | 4 de junio de 2001
Estados Unidos
60/295910 |

267

2. Modificaciones (Artículo 34 D. 486 y Art. 22 Tratado PCT)

Se aceptan las modificaciones realizadas por el solicitante toda vez que no amplían el objeto inicial de la solicitud.

3. Objeto de la invención

- Título de la solicitud (folio 1) *Método y sistema par marcar y determinar la autenticidad de hidrocarburos líquidos*
- Las reivindicaciones 1 a 75 de la solicitud en estudio se refieren a *un sistema para marcar fluidos mediante al menos un marcador, el fluido fluye desde una fuente a un destino, el sistema comprende: por lo menos un sensor para determinar un valor de al menos una propiedad del fluido, por lo menos un controlador del flujo del fluido para admitir una cantidad seleccionada de al menos un marcador al fluido, en donde la cantidad seleccionada se determina de acuerdo al mencionado valor del fluido y a la concentración determinada de al menos un marcador en dicho fluido en dicho destino.*
- El anterior sistema busca *marcar hidrocarburos líquidos para poder controlarlos*
- La Clasificación Internacional de Patentes (IPC) para esta solicitud es G01N37/00.

4. De la solicitud de Patente

El capítulo reivindicatorio modificado de la solicitud en estudio presenta los siguientes defectos:

- La reivindicación 1 es totalmente ambigua e imprecisa.
 - Habla de al menos (¿?) un sensor, para determinar un valor (¿?) de al menos (¿?) una propiedad (¿?) de un fluido con al menos un controlador (¿?) para admitir una cantidad seleccionada (¿?) de un marcador de acuerdo a un primer valor (¿?) y una concentración predeterminada (¿?) de al menos un marcador (¿?) produciendo de manera instantánea (¿?) fluido marcado.
Lo que le solicitante refiere es simple teoría; aun más es teoría de sistemas de control ampliamente divulgado como se explicará en el aparte de estado de la técnica. En realidad no está mostrando elementos técnicos reales y tangibles que puedan ser evaluados para un estudio de patentabilidad; se trata simplemente de una idea.
Condiciones etéreas son inaceptables en un capítulo reivindicatorio tales como: determinar el valor del fluido [nunca define valor(es) del fluido], admitir una cantidad seleccionada [no define la(s) cantidad(es)], la concentración predeterminada (no hay ninguna concentración determinada, todo es indeterminado), etc. Todo esto es inaceptable en un capítulo reivindicatorio.
 - Adicionalmente, es totalmente evidente la solución que plantea el solicitante al problema planteado. Problema planteado: "se desea identificar la fuente de un hidrocarburo líquido" (folio 199); solución: identificar la fuente de hidrocarburos *marcando* los fluidos seleccionando un *marcador conocido* con condiciones etéreas como ya se dijo y agregarlo mediante condiciones controladas a una corriente. La solución resulta totalmente evidente, por lo que todo el conjunto resulta inaceptable para una reivindicación.
 - Lo que sucede con la reivindicación 1 sucede con todas las reivindicaciones. Los planteamientos son de ideas exclusivamente, etéreos en muchos apartes, indeterminados y por ende ambiguos e imprecisos.

268

- En un capítulo reivindicatorio no se admiten frase ambiguas tales como "determinar un valor", "al menos una propiedad del fluido", "una cantidad seleccionada se determina de acuerdo al primer valor", "concentración predeterminada", "intervalo aceptable", "aproximadamente", "clave del marcador", etc. La anterior es solo una muestra de la gran cantidad de frases que hacen que el texto sea etéreo. Deberán eliminarse o reemplazarse dichas expresiones por otras que delimiten claramente al alcance de la solicitud.
- El solicitante refiere propiedades del fluido pero relaciona elementos que no corresponden a propiedades de una sustancia, tales como flujo. Deberá replantarse la redacción.
- El solicitante refiere que el marcador puede ser líquido o gas o cuerpo sólido o polvo o sustancia emisora de luz o sustancia absorbidora de luz o radioactivo o no radioactivo o combinaciones de ellos; lo anterior conlleva a que cualquier sustancia existente en el universo sirve como marcador. Por consiguiente su planteamiento resulta etéreo, impreciso por consiguiente e inaceptable para una solicitud de patente.
- No es posible aceptar las reivindicaciones 33 y siguientes, toda vez que pretenden que se les ampare miles de compuestos con formulas tan amplias y generales que no permiten precisar el alcance de la solicitud. Lo mismo sucede con las reivindicaciones 44 y siguientes, 73 y siguientes.
- La reivindicación 39 es totalmente inaceptable toda vez que no existe una definición y el solicitante se limita a enunciar conceptos etéreos inaplicables de por sí ya que son ejercicios meramente intelectuales. Por ejemplo, no son admisibles pasos como "determinar la cantidad de marcador que deberá ser añadido al fluido de acuerdo a la propiedad medida..." sin explicar el como se realiza; "una concentración predeterminada del marcador..." nunca explica como se predetermina; etc.
- La reivindicación 48 es totalmente indeterminada. Es inaceptable y no empleada técnicamente la frase "clave del marcador".
- Las reivindicaciones 76 a 78 son totalmente inaceptables ya que las reivindicaciones no pueden referirse a otras partes del documento. Deben eliminarse.

En general, todo el capítulo y toda la solicitud se encuentran mal presentados. Las reivindicaciones deben DEFINIR la materia que se desea proteger. Definir, enseña el diccionario de la Real Academia, es fijar con claridad, exactitud y precisión la significación de una palabra o la naturaleza de una persona o cosa. El solicitante deberá fijar con claridad, exactitud y precisión lo que quiere que se le proteja porque toda su solicitud es tan amplia, ambigua, etérea, imprecisa, que no es posible realizarle un estudio.

Todo lo anterior ya había sido referido por esta oficina y el solicitante no se pronunció ni corrigió su solicitud. Se le dará una última y única oportunidad al solicitante.

Por lo anterior, el capítulo reivindicatorio no cumple con el requisito de definición, claridad, concisión o sustento por la descripción de acuerdo al art. 30 de la Decisión 486.y/o art.22 Tratado PCT.

5. No es una invención (Artículo 15 D. 486)

La solicitud de patente, en lo referente a lo que se considera invención, NO cumple con el artículo 15 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina de Naciones dado que