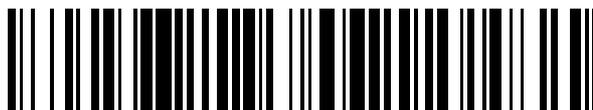


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 806**

51 Int. Cl.:
G05B 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07102162 .0**
96 Fecha de presentación: **12.02.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1956448**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.08.2008**

54 Título: **SISTEMA DE CONTROL DE UN VEHÍCULO Y PROCEDIMIENTO QUE USA LA ASIGNACIÓN DE CONTROL Y LA COMPENSACIÓN DE FASE.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.12.2011

73 Titular/es:
SAAB AB
C/O SAAB AB, TDAF-BG FANJUNKAREGATAN
135
58216 LINKOPING, SE

72 Inventor/es:
Sundqvist, Bengt-Göran

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 370 806 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de control de un vehículo y procedimiento que usa la asignación de control y la compensación de fase.

La presente invención se refiere al campo del control del vehículo. En particular, se refiere a los procedimientos y aparatos para mejorar el rendimiento y la estabilidad en un sistema de control donde el tiempo que deriva de una salida de un subsistema es limitado, dando por resultado que una entrada no pueda ser cumplida. En particular, se refiere a estos procedimientos y aparatos para mejorar los sistemas de control que se proporcionan con algún tipo de asignación de control.

Antecedentes

En la teoría y práctica del control, un sistema de control de un vehículo puede verse como un sistema que realiza dos etapas separadas subsiguientes; una primera etapa que comprende calcular una demanda de control basada en los comandos del operador y las señales de retroalimentación y tomando en consideración los requerimientos de estabilidad y rendimiento; y una segunda etapa que comprende calcular y distribuir las señales del accionador hacia los accionadores disponibles, basado en la demanda de control, de modo que dicha demanda de control será liberada. Una explicación más detallada se puede encontrar por ejemplo en Härkegård, O; Backstepping and Control Allocation with Applications to Flight Control. Linköping University 2003. Páginas 105-107.

La figura 1 muestra un diagrama de bloque que ilustra las trayectorias de señal en un diseño del sistema de control de vuelo de la técnica anterior basado en esta división en dos etapas separadas. Cuando se desarrolla este tipo de proceso del sistema de control se pueden construir acoplamientos de retroalimentación utilizando cualquier procedimiento de diseño adecuado como es por ejemplo PID (Controlador Proporcional Integral Derivativo), minimización cuadrática lineal (LQ), linealización exacta (NDI), procedimientos adaptativos, etc.). El problema de la distribución no debe considerarse, cuando se diseñan software/ hardware que realizan esta primera etapa.

El diseño del software/ hardware que realiza la segunda etapa se puede realizar entonces sin tener que considerar las leyes de control reales que se utilizan. En la segunda etapa, la distribución de la demanda de control se lleva a cabo distribuyendo hacia los accionadores disponibles las señales de control que, cuando hayan tenido su efecto sobre dichos accionadores disponibles, cumple dicha demanda de control sobre el vehículo. Esto puede lograrse mediante una variedad de procedimientos disponibles. Cualquier función fija (no variable), en el caso lineal una matriz, se puede utilizar. En este caso la distribución no podrá adaptarse a la efectividad variable de los diferentes accionadores a través del envolvente del sistema controlado. Además están disponibles procedimientos que se adaptan a la efectividad de los accionadores (superficies de control en el caso del avión) y además redistribuye el control requerido si alguno de los accionadores debe caer o alcanzar su limitación en posición o velocidad. Estos procedimientos usualmente optimizan el rendimiento del accionador utilizando la efectividad dada de cada accionador, bajo las restricciones dadas, utilizando alguna norma (2norm, 1norm o norma infinita).

Además en el sistema de la figura 1, una unidad de asignación de control 115 toma dicha demanda de control y asigna y distribuye la señal del accionador hacia los accionadores disponibles de un vehículo 120. Durante esta asignación y distribución, la unidad de asignación de control 115 considera cada aptitud del accionador para crear un cierto tipo de efecto control, y modifica la distribución en consecuencia.

Esta asignación y distribución hace posible manejar, independientemente del rendimiento total del sistema, el rendimiento variable del accionador, por ej., eficiencia del timón, pero además la posición del accionador y las limitaciones de velocidad, y además los defectos en los accionadores. Estos defectos pueden incluir pérdida, es decir, la superficie de control se mueve libremente, y cierre, es decir, la superficie de control se queda atascada en una posición arbitraria.

Los procedimientos para controlar la asignación y distribución de una demanda de control, se divulgan por ejemplo en la disertación doctoral "Backstepping and Control Allocation with Applications to Flight Control" páginas 105 a 186 de Ola Härkegård, mencionada anteriormente.

Los sistemas de asignación de control de la técnica anterior tienen la tendencia de crear una pérdida de fase indeseable, cuando dichos sistemas de asignación de control junto con los accionadores disponibles no pueden más cumplir con la demanda de control actual.

La pérdida de fase no considerada en un sistema regulador es muy indeseable. Con un operador en el bucle de control, el operador puede experimentar el sentimiento de estar desconectado del sistema. Al utilizar el vocabulario del diseño del avión esto se denomina "piloto en las oscilaciones del bucle" y son temidas tanto por los pilotos como por los diseñadores.

El documento WO 99/09461 de Buck divulga un procedimiento y un aparato para la compensación de fase en un sistema de control del vehículo. El documento describe de qué manera un limitador de velocidad del accionamiento de la superficie de control se combina con la tecnología de avance de fase para manejar la pérdida de fase durante la limitación de velocidad del accionamiento. Sin embargo, esta solución toma un accionador por vez. De este modo, existe la necesidad de un procedimiento y un aparato para realizar la compensación de fase en un sistema con

múltiples accionadores, donde los requerimientos de control se pueden redistribuir dentro de un grupo de accionadores.

La patente US 5.528.119 de Rundqwist et al., divulga un procedimiento y un dispositivo para ejecutar la compensación de fase en un vehículo accionado por motor sin asignación de control.

- 5 El documento WO 01/82007 de Johnson & Calise divulga un sistema de control adaptativo que tiene una unidad de conversión. El documento maneja el control adaptativo y más específicamente permite la selección de las entidades que se eligen para evitar la adaptación.

Sumario de la invención

10 De este modo existe la necesidad de evitar la creación de una pérdida de fase indeseable, cuando dichos sistemas de asignación de control junto con los accionadores disponibles no pueden más cumplir con la demanda de control corriente. Al hacer esto, el inventor se ha dado cuenta que sería apropiado proporcionar un sistema regulador que tenga muchos accionadores con alguna clase de conocimiento de la eficiencia corriente de los accionadores para poder estimar el resultado de un conjunto de señales a dichos accionadores, para mejorar posteriormente la supresión de la pérdida de fase no deseada. De esta manera el sistema maneja mejor la pérdida de fase no deseada debido a las limitaciones del accionador.

15 Con referencia a la figura 2, la presente invención en forma general se refiere a un sistema de control para recibir las señales de entrada k , las cuales pueden estar representadas mediante un vector de entrada u , y para proporcionar las señales de salida m , las cuales pueden estar representadas mediante un vector de salida x . El sistema proporciona las señales de salida m basado en las señales de entrada k modificadas u' , relacionadas con dichas señales de entrada k , las señales de salida m son adecuadas para alimentar los accionadores m . El sistema de control además está provisto con medios para computar dichas señales de salida m de modo que cuando dichas señales de salida m son efectuadas por dichos accionadores m , los accionadores dan lugar a cambios en el estado de actitud del vehículo, dicho estado cumplirá con una demanda de control expresada por ej., como un estado de actitud demandado descrito mediante las señales de entrada k cuando esto está dentro de los límites del rendimiento de los accionadores, y para cumplir con ellos hasta una mínima extensión, manteniendo el vehículo controlable, cuando las señales de entrada k describen un estado de actitud demandado fuera de los límites de rendimiento de los accionadores.

20 Los medios además se proporcionan para formar un comportamiento de movimiento estimado y' , por ej., un estado de actitud estimada que comprende las señales de actitud estimadas k . Los medios además se proporcionan para formar las señales k , $e_1 \dots e_k$, representadas por el vector de error ϵ , como la diferencia entre las señales de entrada k modificadas u' y dichas señales de comportamiento de movimiento estimadas k , $y'_1 \dots y'_k$. Los medios además se proporcionan para amplificar y compensar la fase de dichas señales k de error e formando las señales de error k modificadas $d_1 \dots d_k$ representadas por el vector de error modificado d (δ). Los medios además se proporcionan para retroalimentar dichas señales de error modificadas $d_1 \dots d_k$ formando la diferencia u' entre las señales de entrada k , $u_1 \dots u_k$ y dichas señales de error modificadas $d_1 \dots d_k$.

25 El comportamiento de movimiento estimado y' calculado a partir de los comandos del accionador x , no pueden ser los mismos que uno demandado por la señales de entrada u . El tiempo derivado de x_1 a x_m está limitado en estos casos. Sin embargo es una ventaja que un derivado de tiempo limitado de x no necesariamente significa que el comportamiento de movimiento estimado y' difiere del vector de demanda de control u , es decir, el comportamiento de movimiento deseado, dado que la dimensión de x a menudo es mayor que la dimensión de u , es decir, m es mayor que k .

30 De este modo, de acuerdo con un primer aspecto de la invención se provee un sistema de control del vehículo para un vehículo donde dicho sistema comprende un asignador de control para asignar una demanda de control recibida proporcionando las señales de control del accionador que derivan de dicha demanda de control hacia una pluralidad de accionadores, dicho sistema además comprenden los medios de retroalimentación que comprenden una unidad de estimación del comportamiento para formar y para retroalimentar mediante un bucle de retroalimentación la señal representativa de una diferencia entre un comportamiento vehicular deseado representado mediante un vector de señal de demanda de control y un comportamiento vehicular estimado que resultaría de aplicar dichas señales del accionador en condiciones de desplazamiento corrientes, la señal de retroalimentación está dispuesta para modificar dicho vector de señal de demanda de control que forma un vector de señal de demanda de control modificada u' de modo que el vector de señal de demanda de control modificado u' , en el caso del vector de señal de demanda de control u representa una demanda de control mayor que los límites de rendimiento del vehículo en condiciones normales, representará una demanda de control dentro de dichos límites de rendimiento cuando la señal de retroalimentación tiene efecto.

35 El sistema está provisto con una entrada para recibir el vector de señal de demanda de control u y una salida para producir las señales de control del accionador, y donde el bucle de retroalimentación para calcular y retroalimentar la señal de retroalimentación representativa de una diferencia entre el vector de señal de demanda de control y un

comportamiento estimado del vehículo además comprende un medio de función de transferencia que comprende los filtros asintóticamente estables.

5 El sistema de control del vehículo además puede comprender una unidad de eficiencia de control que mantiene y actualiza la información respecto de la eficiencia de los accionadores del vehículo, y donde la unidad de estimación del comportamiento utiliza la información de dicha unidad de eficiencia de control para calcular el comportamiento vehicular estimado.

10 De acuerdo con otro aspecto, el asignador de control está concebido para formar un vector de señal del comando del accionador, y los medios de retroalimentación comprenden una unidad de multiplicación de matriz para formar un vector de señal del comportamiento estimado, la salida de dicha unidad de multiplicación de matriz se conecta a una entrada de una primera unidad totalizadora para formar un vector de señal de diferencia de movimiento, una salida de dicha unidad totalizadora se conecta a una unidad de amplificación, una salida desde la unidad de amplificación se conecta a una entrada de una unidad de filtro para formar un vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase, una salida de dicha unidad de filtro se conecta a una entrada de una segunda unidad totalizadora para formar un vector de señal de demanda de control modificado como una diferencia entre un vector de señal de demanda de control y dicho vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase, la salida de dicha segunda unidad totalizadora se conecta a la entrada de la primera unidad totalizadora y a una entrada del asignador de control.

20 De acuerdo con otro aspecto más, el sistema de control del vehículo comprende una unidad de matriz de eficiencia de control y una unidad de multiplicación de matriz que utiliza una matriz de eficiencia de control de la unidad de matriz de eficiencia de control para formar un vector de señal de comportamiento estimado por la multiplicación de la matriz del vector de señal del comando accionador y la matriz de eficiencia de control.

25 El sistema de control del vehículo donde la asignación de control se puede realizar mediante un procedimiento de asignación de control seleccionado de un grupo de procedimientos de asignación de control que consiste en el procedimiento de asignación de control basado en la optimización, el procedimiento de asignación de control directo y el procedimiento de asignación de control de cadena tipo margarita.

De acuerdo con otro aspecto, se provee un sistema de control del vehículo donde dicha unidad comprende un número de filtros de paso bajo asintóticamente estables para filtrar cada componente de un vector de señal de entrada hacia la unidad de filtro.

30 El sistema de control del vehículo donde la unidad de filtro comprende un número de filtros de paso bajo de primer orden para filtrar cada componente de un vector de señal de entrada hacia la unidad de filtro. De acuerdo con otro aspecto, la invención proporciona un procedimiento para controlar un vehículo que tiene una pluralidad de accionadores que influyen en su desplazamiento, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- obtener una demanda de control representativa de un comportamiento vehicular deseado;
- 35 - asignar accionadores, es decir, distribuir los comandos del accionador basado en dicha demanda de control por medio de un procedimiento de asignación de control.
- formar un comportamiento vehicular estimado basado en los comandos del accionador;
- formar una diferencia de comportamiento entre la demanda de control y el comportamiento vehicular estimado;
- filtrar la diferencia de comportamiento que forma una diferencia de comportamiento filtrada;
- 40 - retroalimentar la diferencia de comportamiento filtrada para modificar la demanda de control que forma una demanda de control modificada;
- utilizar la demanda de control modificada como base para asignar accionadores;

45 El procedimiento anterior en el que la etapa de formar un comportamiento vehicular estimado basado en los comandos del accionador involucra el uso de información desde una unidad de eficiencia de control que mantiene y actualiza la información con respecto a la eficiencia de los accionadores del vehículo bajo las condiciones de desplazamiento normales.

Las etapas del procedimiento se pueden detallar de la siguiente forma:

- obtener un vector de la señal de demanda de control;
- obtener un vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase;
- 50 - formar un vector de señal de demanda modificado sustrayendo el vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase del vector de señal de demanda de control;

- obtener una matriz de eficiencia de control;
 - formar un vector de señal de comando del accionador realizando la asignación de control basado en el vector de señal de demanda modificado y sobre la matriz de eficiencia de control;
 - controlar el vehículo alimentando los accionadores con el vector de señal del comando del accionador.
- 5
- formar un vector de señal del comportamiento estimado multiplicando por matriz el vector de señal del comando del accionador con la matriz de eficiencia de control;
 - formar un vector de señal de diferencia de movimiento sustrayendo el vector de señal de demanda de control modificado del vector de señal del comportamiento estimado;
- 10
- formar el vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase amplificando y filtrando el vector de señal de diferencia de movimiento;
 - retroalimentar el vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase;

La asignación de control del procedimiento se puede realizar mediante un procedimiento de asignación de control seleccionado de un grupo de procedimientos de asignación de control que consiste en el procedimiento de asignación de control basado en la optimización, el procedimiento de asignación de control directo y el procedimiento de asignación de control de cadena tipo margarita.

Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción, las reivindicaciones adjuntas y los dibujos que acompañan donde la figura 1 es un diagrama de bloque que muestra una estructura de un sistema de control de vuelo.

20 La figura 2 es un diagrama de bloque que muestra un sistema de control que está provisto con medios de asignación de control y medios de retroalimentación para un sistema general de acuerdo con la presente invención.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo que representa un procedimiento de acuerdo con una realización de la invención.

25 Las figuras 4 y 5 muestran los diagramas de corridas de simulación para demostrar el rendimiento de un sistema de control de acuerdo con una realización de la invención en comparación con un sistema de la técnica anterior.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

30 La figura 1 muestra un diagrama de bloque, que muestra un flujo de señal dentro de un sistema de control de asignación de control del vehículo de acuerdo con una tecnología conocida. Un operador, por ej., un piloto 105 o una unidad de control de desplazamiento de un vehículo autónomo comunica los valores deseados del estado del vehículo o los puntos de ruta o los valores de referencia en velocidad, altitud y curso al sistema de control del vehículo por algún medio por ej., mediante los movimientos de la palanca de mando, los movimiento del pedal o transportando las señales adecuadas, como en el caso de un vehículo autónomo. El sistema de control de desplazamiento comprende una unidad de conformación del comando operador 110 que recibe dichos valores deseados y los filtra.

35 Los valores deseados filtrados se alimentan subsiguientemente a una unidad totalizadora 112 – En la unidad totalizadora 112 las señales de retroalimentación y los valores deseados filtrados se agregan formando una suma. La suma puede, por ej., representar las aceleraciones angulares ordenadas de los ángulos de actitud del vehículo. 40 Un asignador de control 115 traduce las aceleraciones angulares ordenadas de los ángulos de actitud del vehículo en las señales de control del accionador para las superficies de control del vehículo 120. El trabajo detallado interior de un asignador de control no es el asunto de la presente invención y no se describirá aquí. El lector se refiere a la literatura de la técnica. Posteriormente, el vehículo 120 altera sus ángulos de actitud debido a la posición y al cambio de posición de dichas superficies de control. Los ángulos de actitud, y/o las velocidades del ángulo de actitud, y/o las aceleraciones del ángulo de actitud se miden y se alimentan como señales de medición 125 a una unidad de procesamiento de señal 130, dicha unidad 130 alimenta las señales de retroalimentación 135 a una unidad de acoplamiento de retroalimentación 100, la cual a su vez suministra los valores apropiados para agregar a la unidad totalizadora 112.

45 Los sistemas de control que tienen asignadores de control de los sistemas disponibles en el comercio, aunque trabajando bien durante la mayoría de las condiciones, tienen una tendencia, bajo ciertas circunstancias, de introducir los retardos de fase y el “piloto en las oscilaciones del bucle”, como se mencionó anteriormente. A fin de evitar estos retardos de fase y el piloto en las oscilaciones del bucle, se proveen un sistema y un procedimiento de acuerdo con la presente invención.

Es decir, tiene filtros en forma de elementos en diagonal y ceros fuera de la diagonal. En una realización preferida, las constantes de filtro se eligen y se ajustan de modo que ciertos resultados de comportamiento preferidos cuando el vehículo se ve forzado más allá de los límites de los accionadores. Los filtros asintóticamente estables se utilizan con preferencia, como son los filtros de bajo paso de primer orden.

- 5 De este modo, se forma una señal de diferencia de movimiento por alteración de fase, representada por un vector δ , constituyendo la salida de la unidad de filtro 240. El vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase δ se alimenta a continuación a la primera unidad totalizadora 210, y el bucle de retroalimentación se cierra.

10 En un estado inicial, cuando la señal de entrada a la unidad de filtro 240, es decir, el vector de señal de diferencia de movimiento amplificado, es cero, es decir, cuando todos los componentes ε_1 a ε_k son cero, es decir cuando el vector de señal de diferencia ε entre el vector de señal de comportamiento estimado y' y el vector de demanda de control modificado u' es cero, no debe haber retroalimentación. En un estado no inicial la señal de retroalimentación no es cero pero convergerá a cero si el vector de señal de diferencia de movimiento amplificado es cero, disminuyendo de este modo la retroalimentación. Es importante, por lo tanto, para los filtros de la unidad de filtro 240 que sean estables, y para la señal de salida δ (vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase δ) desde la
15 unidad de filtro 240 caigan a cero cuando la señal de entrada al filtro es cero, como por ej., un filtro de impulso infinito.

Matriz de eficiencia de control

20 Como se conoce en la técnica, la matriz de eficiencia de control expresa cuán eficiente cada accionador es para provocar una cierta demanda de control, la cual a su vez depende del diseño del vehículo específico y los accionadores en cuestión. La matriz de eficiencia de control B es una pieza dinámica de información que se recalcula continuamente. En el caso de un avión, estos cálculos se basan en la velocidad normal, el ángulo de ataque y el ángulo de las señales sensoras de resbalamiento lateral, la densidad/presión del aire, las señales de error, y otras señales sensoras que son relevantes para la eficiencia del accionador.

Unidad de asignación de control

25 La unidad de asignación de control 220 utiliza el vector de señal de demanda de control modificado u' de dimensión k y la matriz de eficiencia de control B para producir un vector de señal del comando del accionador x . Esto se realiza mediante un procedimiento de asignación de control seleccionado de un grupo de procedimientos que utiliza para resolver el denominado problema de asignación de control, el cual en breve puede definirse como el problema de hallar el vector de señal del comando del accionador que, dada la matriz de eficiencia de control y las limitaciones
30 del accionador, provocaría un patrón de movimiento del vehículo como se representa mediante un vector de señal de demanda de control. Una de las características de la presente invención es modificar el vector de señal de demanda de control cuando un vector de señal de demanda de control original representa un patrón de movimiento demandado que simplemente no puede o no será realizado por el vehículo debido, por ej., a los límites del rendimiento, ya sean reales o establecidos mediante ciertas normas o disposiciones. La presente invención no depende del uso de un procedimiento de asignación de control particular, podría, por ejemplo, ser un procedimiento
35 de asignación de control basado en la optimización, un procedimiento de asignación de control directo o un procedimiento de asignación de control de cadena tipo margarita como se describe, por ejemplo, en "Backstepping and Control Allocation with Applications to Flight Control" de Ola Härkegård páginas 114-122.

Función

40 Cuando el cambio en cualquiera de los componentes del vector de señal de demanda de control u_1 a u_k excede lo que es posible para que el vehículo obtenga en condiciones normales, a pesar de la asignación de control eficiente, la señal ε será diferente de cero. En verdad, si el vector de señal de demanda de control modificado u' está aumentando hasta un nivel donde los accionadores no pueden llevar al vehículo en cumplimiento con dicha demanda, la unidad asignadora de control 220 hace lo mejor a partir de la situación de acuerdo con el procedimiento
45 de asignación de control que se utiliza como se mencionó anteriormente, para producir un vector de señal de comando del accionador x . El vector de señal del comando del accionador x puede ser alimentado en paralelo a los accionadores y a una unidad multiplicadora de matriz 230 como se describió anteriormente. La unidad multiplicadora de la matriz 230 calcula un vector de señal de comportamiento estimado y' , el cual es directamente comparable con el vector de demanda de control modificado u' . En una etapa inicial, el vector de demanda de control modificado u' no está aún compensado y por lo tanto es idéntico a u y la señal de diferencia ε se torna
50 negativa. Después de la amplificación y el filtrado, la señal de diferencia se utiliza para disminuir la señal de entrada u' hacia el asignador de control 220 hasta un valor más pequeño que el vector de demanda de control u .

Alimentación alternativa de las unidades totalizadoras

55 Se da cuenta que la misma funcionalidad se obtiene formando un vector de señal de diferencia de movimiento alternativo ε' como $u'-y'$ (en lugar de $y'-u'$) y sustrayendo ε' , o el vector de diferencia de movimiento filtrado δ' correspondiente, es decir alimentando δ' a una entrada negativa de la primera unidad totalizadora 210.

Procedimiento

La figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento para el control del vehículo de acuerdo con una realización preferida de la presente invención. El procedimiento comprende las siguientes etapas:

- obtener (305) un vector de la señal de demanda de control u ;
- 5 - obtener (310) un vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase δ ;
- formar (315) un vector de señal de demanda modificado sustrayendo el vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase δ del vector de señal de demanda de control u ;
- obtener (320) una matriz de eficiencia de control B ;
- 10 - formar (325) un vector de señal de comando del accionador x realizando la asignación de control basado en el vector de señal de demanda modificado u' y sobre la matriz de eficiencia de control B ;
- distribuir (330) los componentes x_1, x_2 , etc. del vector de señal del comando del accionador x a los correspondientes accionadores;
- formar (335) un vector de señal del comportamiento estimado y' multiplicando por matriz el vector de señal del comando del accionador x con la matriz de eficiencia de control B ;
- 15 - formar (340) un vector de señal de diferencia de movimiento ε sustrayendo el vector de señal de demanda de control modificado u' del vector de señal del comportamiento estimado y' ;
- formar (345) el vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase δ amplificándolo y filtrando el vector de señal de diferencia de movimiento ε ;

20 Las etapas del procedimiento se repiten múltiples veces cada segundo como se conoce en la técnica. El procedimiento puede ser implementado en software o hardware o en una combinación de hardware y software como lo ven los expertos en la técnica.

25 Una ventaja con la solución anterior es que es posible emplear las ventajas con las técnicas de asignación y al mismo tiempo proporcionar la compensación de fase cuando las demandas de control no pueden ser satisfechas por el uso de la tecnología de asignación de control. Otra ventaja es que una reducción percibida por el piloto de la velocidad de respuesta del accionador debido a las limitaciones del rendimiento se transforma en una reducción en amplificación, lo cual reducirá o eliminará totalmente el piloto en las oscilaciones del bucle.

30 Las figuras 4 y 5 muestran los diagramas de una corrida de simulación bidimensional para mostrar el rendimiento de los sistemas de control de un vehículo de acuerdo con la presente invención en comparación con un sistema de la técnica anterior que se alimenta con el mismo vector de señal de demanda de control. Se utiliza la siguiente anotación:

- $u(1)$ es el primer componente del vector de señal de demanda de control u
- $u(2)$ es el segundo componente del vector de señal de demanda de control u
- $y'(1)$ nominal es el primer componente de un vector de señal de comportamiento estimado y' para un sistema de la técnica anterior
- 35 - $y'(2)$ nominal es el segundo componente de un vector de señal de comportamiento estimado y' para un sistema de la técnica anterior
- $y'(1)$ es el primer componente de un vector de señal de comportamiento estimado y' para un sistema de acuerdo con una realización de la presente invención
- 40 - $y'(2)$ es el segundo componente de un vector de señal de comportamiento estimado y' para un sistema de acuerdo con una realización de la presente invención

45 La figura 4 muestra un diagrama para el primer componente. El procedimiento de asignación de control utiliza la optimización fuerte hacia la señal de entrada, es decir el componente del vector de señal de demanda de control $u(1)$. Esto porque el componente de señal de comportamiento estimado $y'(1)$ se ve un poco distorsionado. No obstante, la señal de comportamiento estimada ($y'(1)$) para un sistema de acuerdo con la invención sigue mejor, es decir, con menos retardo de fase, que el sistema de la técnica anterior ($y'(1)$ nominal). Puede verse que la pérdida de fase puede decirse que se convierte a una pérdida de amplificación (pequeña) en su lugar.

La figura 5 muestra un diagrama para el segundo componente. El procedimiento de asignación de control utiliza la penalidad más alta para las desviaciones $u(2)$ que para $u(1)$. Puede observarse que la pérdida de fase (retardo de

tiempo) es considerablemente inferior para el segundo componente de la señal de comportamiento estimado para el sistema de acuerdo con la invención ($y'(2)$) que para el sistema de la técnica anterior ($y'(2)$ nominal).

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control de vehículo para un vehículo, que comprende un asignador de control (220) para asignar una demanda de control recibida proporcionando señales de control del accionador que derivan de dicha demanda de control hacia una pluralidad de accionadores, dicho sistema además comprende medios de retroalimentación (210, 230, 225, 235, 240) que comprenden una unidad de estimación del comportamiento (230) para formar y para retroalimentar mediante un bucle de retroalimentación una señal de retroalimentación representativa de una diferencia entre un comportamiento del vehículo deseado representador por un vector de señal de demanda de control (u) y un comportamiento del vehículo estimado que resultaría de dichas señales del accionador en condiciones de desplazamiento normales, la señal de retroalimentación está dispuesta para modificar dicho vector de señal de demanda de control formando un vector de señal de demanda de control modificado (u') de modo que el vector de señal de demanda de control modificado (u'), en el caso de que el vector de señal de demanda de control (u) represente una demanda de control más grande que los límites del rendimiento del vehículo en condiciones normales, vendrá a representar una demanda de control dentro de dichos límites de rendimiento cuando las señales de retroalimentación tienen efecto, **caracterizado porque** dicho vehículo comprende una unidad de eficiencia de control (215) que mantiene y actualiza la información con respecto a dicha eficiencia de los accionadores de dicho vehículo, y donde dicha unidad de estimación del comportamiento (230) utiliza información de dicha unidad de eficiencia de control (215) para calcular el comportamiento del vehículo estimado.
2. El sistema de control del vehículo de acuerdo con la reivindicación 1 en el que el sistema está provisto con una entrada para recibir el vector de señal de demanda de control u y una salida para producir las señales de control del accionador, y donde dicho bucle de retroalimentación para calcular y retroalimentar la señal de retroalimentación representativa de una diferencia entre el vector de señal de demanda de control y un comportamiento del vehículo estimado además comprende un medio de función de transferencia (235, 240), y dicho medio de función de transferencia (235, 240) comprende filtros asintóticamente estables.
3. El sistema de control del vehículo de acuerdo con la reivindicación 2 en el que dicho asignador de control (220) está concebido para formar un vector de señal del comando del accionador (x), donde dicho medio de retroalimentación comprende una unidad de multiplicación de matriz (230) para formar un vector de señal del comportamiento estimado (y'), la salida de dicha unidad de multiplicación de matriz (230) se conecta a una entrada de una primera unidad totalizadora (225) para formar un vector de señal de diferencia de movimiento (ϵ), una salida de dicha unidad totalizadora (225) se conecta a una unidad de amplificación (235), una salida desde la unidad de amplificación (235) se conecta a una entrada de una unidad de filtro (240) para formar un vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase (δ), una salida de dicha unidad de filtro (240) se conecta a una entrada de una segunda unidad totalizadora (210) para formar un vector de señal de demanda de control modificado (u') como una diferencia entre un vector de señal de demanda de control (u) y dicho vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase (δ), la salida de dicha segunda unidad totalizadora (210) se conecta a la entrada de la primera unidad totalizadora (225) y a una entrada del asignador de control (220).
4. El sistema de control del vehículo de acuerdo con la reivindicación 3 en el que dicho sistema comprende una unidad de matriz de eficiencia de control (215) y una unidad de multiplicación de matriz (230) que utiliza una matriz de eficiencia de control (B) de la unidad de matriz de eficiencia de control (215) para formar un vector de señal de comportamiento estimado (y') mediante la multiplicación por matriz del vector de señal del comando del accionador (x) y la matriz de eficiencia de control (B).
5. El sistema de control del vehículo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la asignación de control se realiza mediante un procedimiento de asignación de control seleccionado de un grupo de procedimientos de asignación de control que consiste en el procedimiento de asignación de control basado en la optimización, el procedimiento de asignación de control directo y el procedimiento de asignación de control de cadena tipo margarita.
6. El sistema de control del vehículo de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 5 en el que dicha unidad de filtro (240) comprende un número de filtros de bajo paso asintóticamente estables para filtrar cada componente de dicho vector de señal de entrada a la unidad de filtro (240).
7. El sistema de control del vehículo de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 5 en el que dicha unidad de filtro (240) comprende un número de filtros de bajo paso de primer orden para filtrar cada componente de un vector de señal de entrada a la unidad de filtro (240).
8. Un procedimiento para controlar un vehículo que tiene una pluralidad de accionadores que comprenden las siguientes etapas:
- obtener una demanda de control representativa de un comportamiento vehicular deseado;
 - asignar accionadores, es decir, distribuir los comandos del accionador basado en dicha demanda de control por medio de un procedimiento de asignación de control.

- formar un comportamiento vehicular estimado basado en los comandos del accionador en las condiciones de desplazamiento normales;
 - formar una diferencia de comportamiento entre la demanda de control y el comportamiento vehicular estimado;
 - filtrar la diferencia de comportamiento que forma una diferencia de comportamiento filtrada;
 - 5 - retroalimentar la diferencia de comportamiento filtrada para modificar la demanda de control que forma una demanda de control modificada;
 - utilizar la demanda de control modificada como base para asignar accionadores; **caracterizado por** la etapa de
 - formar un comportamiento vehicular estimado basado en los comandos del accionador involucra el uso de información desde una unidad de eficiencia de control que mantiene y actualiza la información con respecto a la
 - 10 eficiencia de los accionadores del vehículo bajo las condiciones de desplazamiento normales.
- 9.** El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que las etapas se detallan a continuación:
- obtener (305) un vector de la señal de demanda de control (u);
 - obtener (310) un vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase (δ);
 - 15 - formar (315) un vector de señal de demanda modificado (u') sustrayendo el vector de señal de la diferencia de movimiento por alteración de fase (δ)
 - del vector de señal de demanda de control (u);
 - obtener (320) una matriz de eficiencia de control (B);
 - formar (325) un vector de señal de comando del accionador (x) realizando la asignación de control basado en el vector de señal de demanda modificado (u') y sobre la matriz de eficiencia de control (B);
 - 20 - controlar el vehículo alimentando los accionadores con el vector de señal del comando del accionador.(x);
 - formar (335) un vector de señal del comportamiento estimado (y') multiplicando por matriz el vector de señal del comando del accionador (x) con la matriz de eficiencia de control (B);
 - formar (340) un vector de señal de diferencia de movimiento (ϵ) sustrayendo el vector de señal de demanda de control modificado (u') del vector de señal del comportamiento estimado (y');
 - 25 - formar (345) el vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase (δ) amplificando y filtrando el vector de señal de diferencia de movimiento (ϵ);
 - retroalimentar (315) el vector de señal de diferencia de movimiento por alteración de fase (δ);
- 10.** El procedimiento para controlar un vehículo de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la asignación de control se realiza mediante un procedimiento de asignación de control seleccionado de un grupo de procedimientos de asignación de control que consiste en el procedimiento de asignación de control basado en la optimización, el
- 30 procedimiento de asignación de control directo y el procedimiento de asignación de control de cadena tipo margarita.

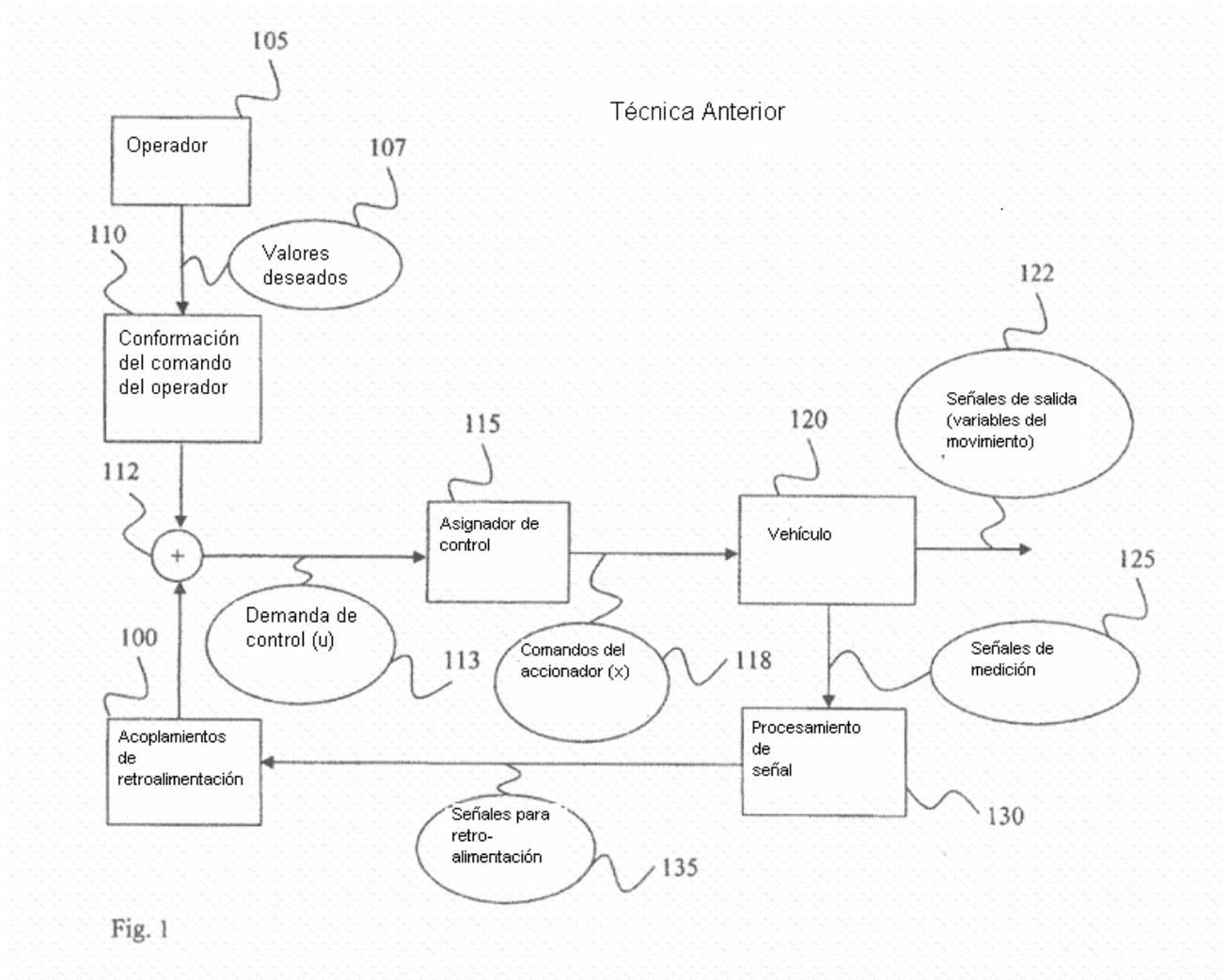


Fig. 1

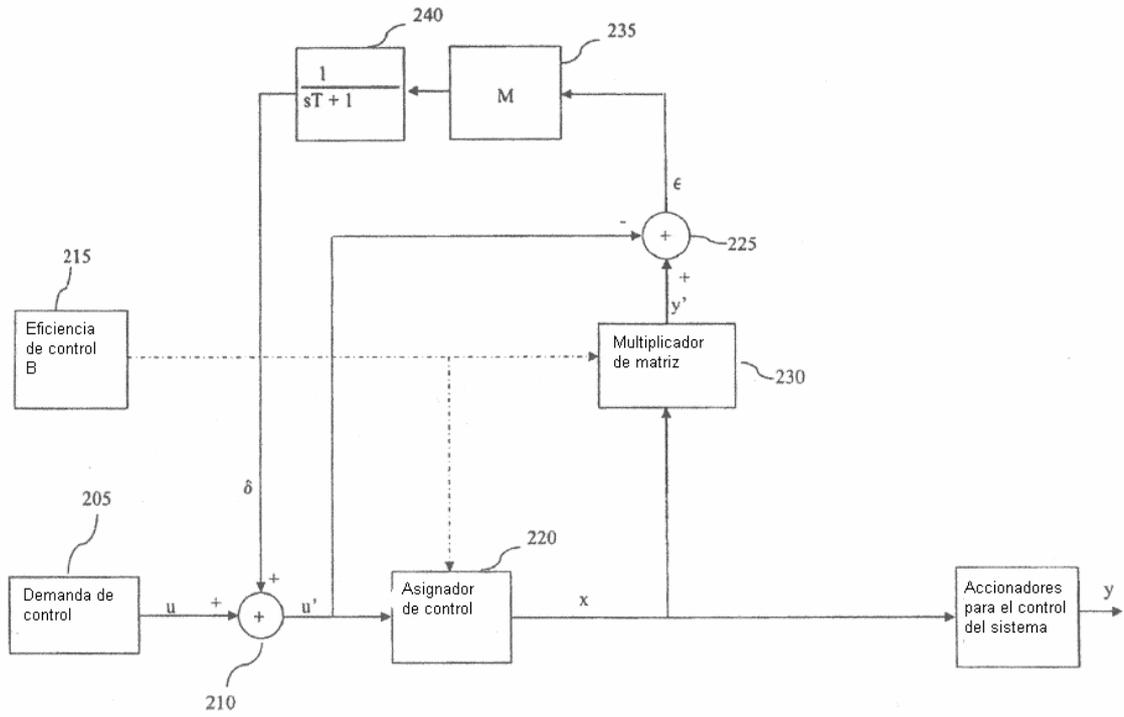


Fig. 2

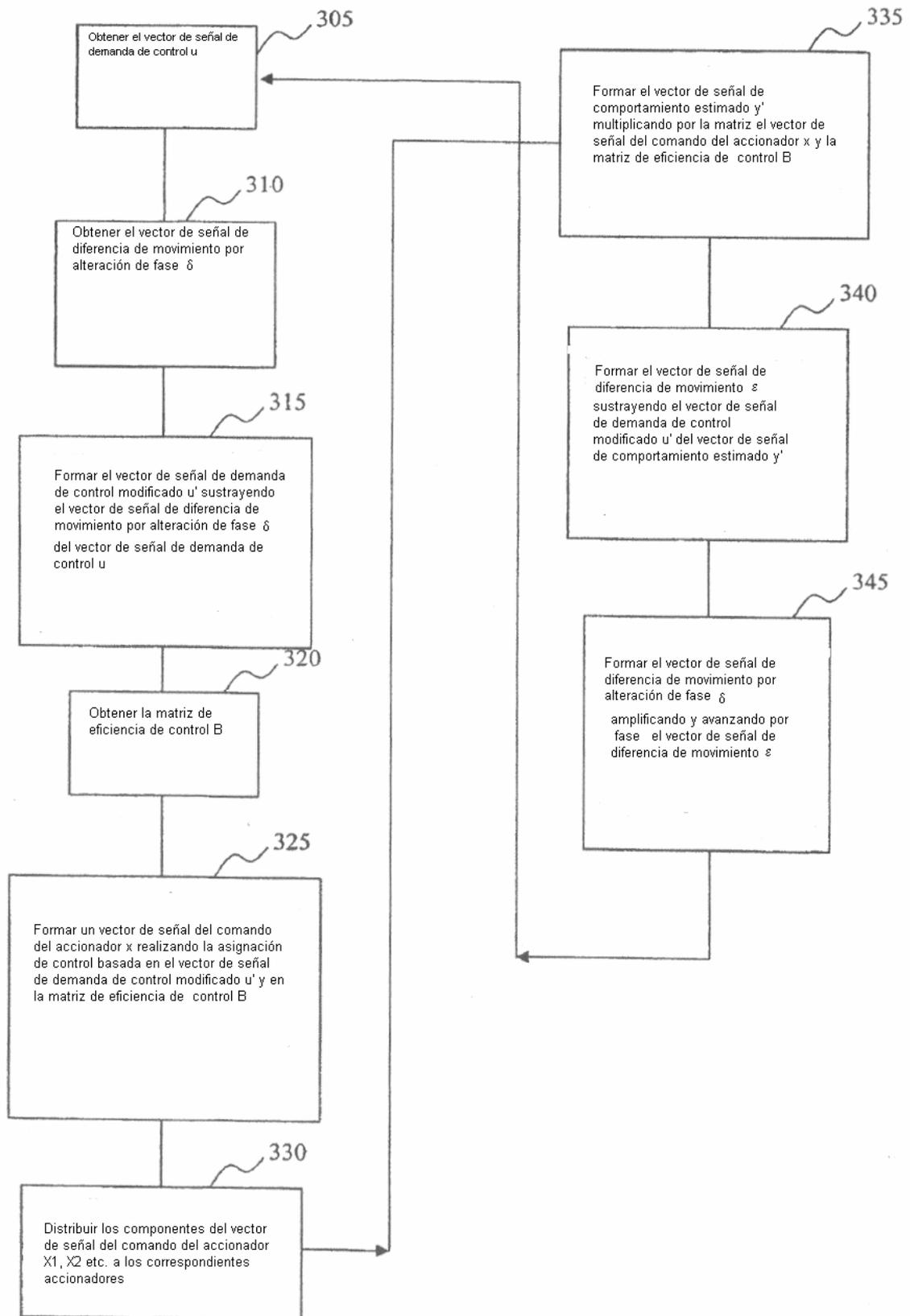


Fig. 3

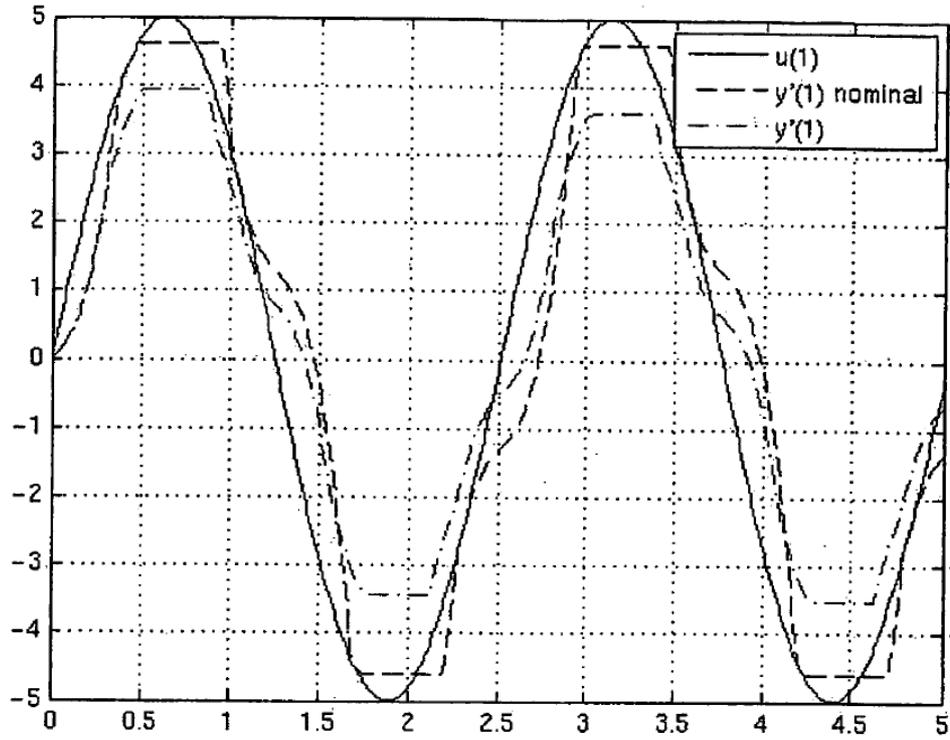


Fig. 4

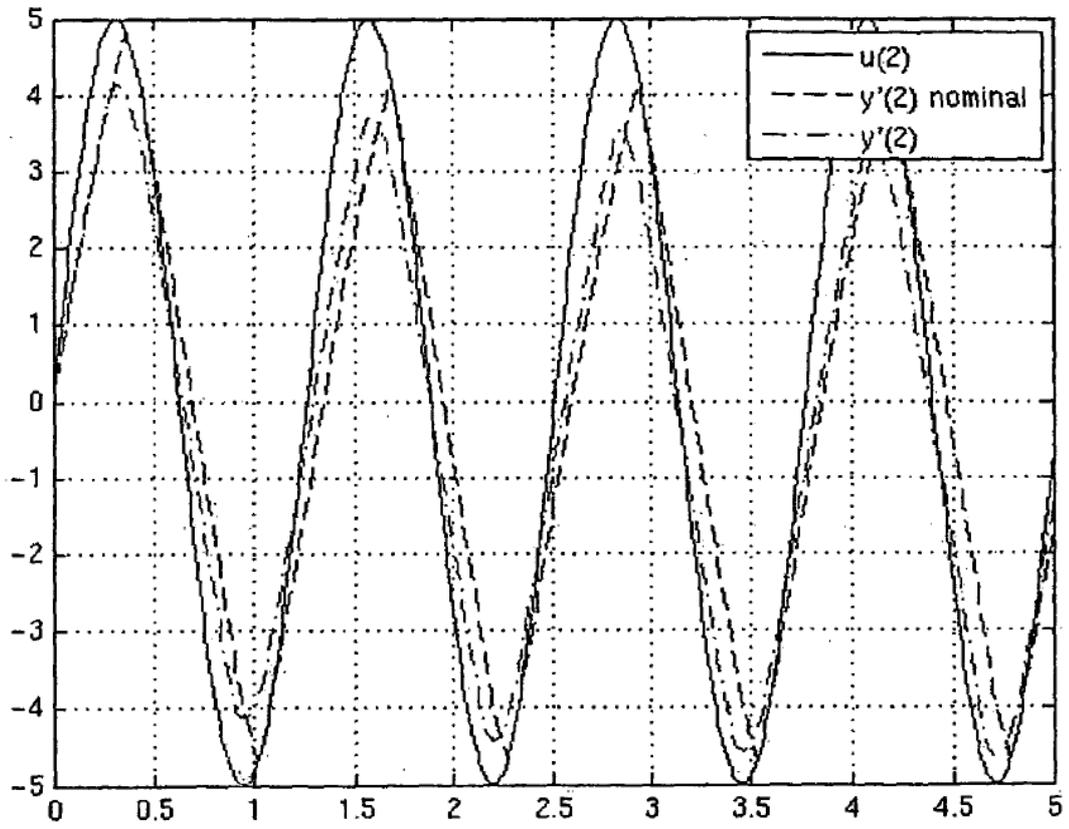


Fig. 5