



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL
ADAPTATIVO - PREDICTIVO BASADO EN MODELO PARA
UN BALASTO ELECTRÓNICO PARA UNA LÁMPARA HID-MH**

**AUTORAS: DIANA PASACA
NATHALIE PÉREZ**

**DIRECTOR: ING. PAÚLAYALA
CO-DIRECTOR: ING. LUIS OROZCO**

ÍNDICE

- 1** INTRODUCCIÓN
- 2** LÁMPARA HID - MH
- 3** BALASTO ELECTRÓNICO
- 4** CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5** PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6** CONCLUSIONES

ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 LÁMPARA HID - MH
- 3 BALASTO ELECTRÓNICO
- 4 CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5 PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6 CONCLUSIONES

ANTECEDENTES

Las lámparas de alta intensidad de descarga HID, se caracterizan por proveer una fuente de luz compacta.

El fenómeno de resonancias acústicas en la lámpara HID consiste básicamente en ondas de presión estacionaria del gas de relleno ocasionadas por la variación en la potencia de la lámpara.

Los balastos electrónicos alimentan con ondas cuadradas para evitar las resonancias acústicas en las lámparas HID – MH.

El fenómeno de impedancia negativa es consecuencia del aumento de concentración de iones y electrones libres debido al incremento de la corriente en la lámpara.

ANTECEDENTES

Las lámparas de alta intensidad de descarga HID, se caracterizan por proveer una fuente de luz compacta.

El fenómeno de resonancias acústicas en la lámpara HID consiste básicamente en ondas de presión estacionaria del gas de relleno ocasionadas por la variación en la potencia de la lámpara.

Los balastos electrónicos alimentan con ondas cuadradas para evitar las resonancias acústicas en las lámparas HID – MH.

El fenómeno de impedancia negativa es consecuencia del aumento de concentración de iones y electrones libres debido al incremento de la corriente en la lámpara.

ANTECEDENTES

Las lámparas de alta intensidad de descarga HID, se caracterizan por proveer una fuente de luz compacta.

El fenómeno de resonancias acústicas en la lámpara HID consiste básicamente en ondas de presión estacionaria del gas de relleno ocasionadas por la variación en la potencia de la lámpara.

Los balastos electrónicos alimentan con ondas cuadradas para evitar las resonancias acústicas en las lámparas HID – MH.

El fenómeno de impedancia negativa es consecuencia del aumento de concentración de iones y electrones libres debido al incremento de la corriente en la lámpara.

ANTECEDENTES

Las lámparas de alta intensidad de descarga HID, se caracterizan por proveer una fuente de luz compacta.

El fenómeno de resonancias acústicas en la lámpara HID consiste básicamente en ondas de presión estacionaria del gas de relleno ocasionadas por la variación en la potencia de la lámpara.

Los balastos electrónicos alimentan con ondas cuadradas para evitar las resonancias acústicas en las lámparas HID – MH.

El fenómeno de impedancia negativa es consecuencia del aumento de concentración de iones y electrones libres debido al incremento de la corriente en la lámpara.

ANTECEDENTES

Las lámparas de alta intensidad de descarga HID, se caracterizan por proveer una fuente de luz compacta.

El fenómeno de resonancias acústicas en la lámpara HID consiste básicamente en ondas de presión estacionaria del gas de relleno ocasionadas por la variación en la potencia de la lámpara.

Los balastos electrónicos alimentan con ondas cuadradas para evitar las resonancias acústicas en las lámparas HID – MH.

El fenómeno de impedancia negativa es consecuencia del aumento de concentración de iones y electrones libres debido al incremento de la corriente en la lámpara.

JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y ALCANCE

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- El 25% de la energía eléctrica generada a nivel mundial es dedicada a la iluminación.
- Lámparas HID: elevada eficacia luminosa, alto índice de reproducción de color, elevada temperatura de color y gran tiempo de vida.
- Balastos electromagnéticos son voluminosos, pesados y no tienen control de potencia.

ALCANCE

- Diseñar e implementar un controlador electrónico de potencia basado en módulo microcontrolador para el comportamiento dinámico del sistema balasto-lámpara.
- Mantener la corriente constante y manipular la potencia de la lámpara.
- Se pretende mejorar el tiempo de vida y eliminar la presencia de interferencias luminosas (flicker).

JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y ALCANCE

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- El 25% de la energía eléctrica generada a nivel mundial es dedicada a la iluminación.
- Lámparas HID: elevada eficacia luminosa, alto índice de reproducción de color, elevada temperatura de color y gran tiempo de vida.
- Balastos electromagnéticos son voluminosos, pesados y no tienen control de potencia.

ALCANCE

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo paramétrico para el comportamiento dinámico del sistema balasto - lámpara.
- Mantener la corriente constante y manipular la tensión de la lámpara
- Se pretende aumentar el tiempo de vida y eliminar la presencia de intermitencia luminiscente ("flicker")

JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y ALCANCE

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- El 25% de la energía eléctrica generada a nivel mundial es dedicada a la iluminación.
- Lámparas HID: elevada eficacia luminosa, alto índice de reproducción de color, elevada temperatura de color y gran tiempo de vida.
- Balastos electromagnéticos son voluminosos, pesados y no tienen control de potencia.

ALCANCE

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo paramétrico para el comportamiento dinámico del sistema balasto - lámpara.
- Mantener la corriente constante y manipular la tensión de la lámpara
- Se pretende aumentar el tiempo de vida y eliminar la presencia de intermitencia luminiscente ("flicker")

JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y ALCANCE

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- El 25% de la energía eléctrica generada a nivel mundial es dedicada a la iluminación.
- Lámparas HID: elevada eficacia luminosa, alto índice de reproducción de color, elevada temperatura de color y gran tiempo de vida.
- Balastos electromagnéticos son voluminosos, pesados y no tienen control de potencia.

ALCANCE

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo paramétrico para el comportamiento dinámico del sistema balasto - lámpara.
- Mantener la corriente constante y manipular la tensión de la lámpara
- Se pretende aumentar el tiempo de vida y eliminar la presencia de intermitencia luminiscente ("flicker")

JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y ALCANCE

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- El 25% de la energía eléctrica generada a nivel mundial es dedicada a la iluminación.
- Lámparas HID: elevada eficacia luminosa, alto índice de reproducción de color, elevada temperatura de color y gran tiempo de vida.
- Balastos electromagnéticos son voluminosos, pesados y no tienen control de potencia.

ALCANCE

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo paramétrico para el comportamiento dinámico del sistema balasto - lámpara.
- Mantener la corriente constante y manipular la tensión de la lámpara
- Se pretende aumentar el tiempo de vida y eliminar la presencia de intermitencia luminiscente ("flicker")

JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y ALCANCE

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- El 25% de la energía eléctrica generada a nivel mundial es dedicada a la iluminación.
- Lámparas HID: elevada eficacia luminosa, alto índice de reproducción de color, elevada temperatura de color y gran tiempo de vida.
- Balastos electromagnéticos son voluminosos, pesados y no tienen control de potencia.

ALCANCE

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo paramétrico para el comportamiento dinámico del sistema balasto - lámpara.
- Mantener la corriente constante y manipular la tensión de la lámpara
- Se pretende aumentar el tiempo de vida y eliminar la presencia de intermitencia luminiscente ("flicker")

JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y ALCANCE

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- El 25% de la energía eléctrica generada a nivel mundial es dedicada a la iluminación.
- Lámparas HID: elevada eficacia luminosa, alto índice de reproducción de color, elevada temperatura de color y gran tiempo de vida.
- Balastos electromagnéticos son voluminosos, pesados y no tienen control de potencia.

ALCANCE

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo paramétrico para el comportamiento dinámico del sistema balasto - lámpara.
- Mantener la corriente constante y manipular la tensión de la lámpara
- Se pretende aumentar el tiempo de vida y eliminar la presencia de intermitencia luminiscente ("flicker")

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para una lámpara HID-MH de 250W.

ESPECÍFICOS

- Modelar e identificar los parámetros del sistema (lámpara y balasto).
- Diseñar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para controlar el comportamiento dinámico de la lámpara con el fin de evitar la resonancia sub-resonante y sobrerresonante.
- Implementar un controlador adaptativo - predictivo en el balasto electrónico de la lámpara HID-MH.
- Comparar los resultados del comportamiento de la lámpara con un controlador de potencia controlada ante una perturbación.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para una lámpara HID-MH de 250W.

ESPECÍFICOS

- Modelar e Identificar los parámetros del sistema Balasto – Lámpara.
- Diseñar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para controlar el comportamiento dinámico de la lámpara con el fin de evitar la resonancia acústica y mantener la potencia.
- Implementar un controlador adaptativo - predictivo al balasto electrónico de la lámpara HID - MH.
- Contrastar los resultados del comportamiento de la planta sin control frente a la planta controlada ante una perturbación.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para una lámpara HID-MH de 250W.

ESPECÍFICOS

- Modelar e Identificar los parámetros del sistema Balasto – Lámpara.
- Diseñar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para controlar el comportamiento dinámico de la lámpara con el fin de evitar la resonancia acústica y mantener la potencia.
- Implementar un controlador adaptativo - predictivo al balasto electrónico de la lámpara HID - MH.
- Contrastar los resultados del comportamiento de la planta sin control frente a la planta controlada ante una perturbación.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para una lámpara HID-MH de 250W.

ESPECÍFICOS

- Modelar e Identificar los parámetros del sistema Balasto – Lámpara.
- Diseñar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para controlar el comportamiento dinámico de la lámpara con el fin de evitar la resonancia acústica y mantener la potencia.
- Implementar un controlador adaptativo - predictivo al balasto electrónico de la lámpara HID - MH.
- Contrastar los resultados del comportamiento de la planta sin control frente a la planta controlada ante una perturbación.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para una lámpara HID-MH de 250W.

ESPECÍFICOS

- Modelar e Identificar los parámetros del sistema Balasto – Lámpara.
- Diseñar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para controlar el comportamiento dinámico de la lámpara con el fin de evitar la resonancia acústica y mantener la potencia.
- Implementar un controlador adaptativo - predictivo al balasto electrónico de la lámpara HID - MH.
- Contrastar los resultados del comportamiento de la planta sin control frente a la planta controlada ante una perturbación.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para una lámpara HID-MH de 250W.

ESPECÍFICOS

- Modelar e Identificar los parámetros del sistema Balasto – Lámpara.
- Diseñar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para controlar el comportamiento dinámico de la lámpara con el fin de evitar la resonancia acústica y mantener la potencia.
- Implementar un controlador adaptativo - predictivo al balasto electrónico de la lámpara HID - MH.
- Contrastar los resultados del comportamiento de la planta sin control frente a la planta controlada ante una perturbación.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar e implementar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para una lámpara HID-MH de 250W.

ESPECÍFICOS

- Modelar e Identificar los parámetros del sistema Balasto – Lámpara.
- Diseñar un controlador adaptativo - predictivo basado en modelo para controlar el comportamiento dinámico de la lámpara con el fin de evitar la resonancia acústica y mantener la potencia.
- Implementar un controlador adaptativo - predictivo al balasto electrónico de la lámpara HID - MH.
- Contrastar los resultados del comportamiento de la planta sin control frente a la planta controlada ante una perturbación.

ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 LÁMPARA HID - MH
- 3 BALASTO ELECTRÓNICO
- 4 CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5 PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6 CONCLUSIONES

LÁMPARA HID - MH

CARACTERÍSTICAS

- Tiempo de Vida: 24000 h
- Temperatura de Color: 4000 °K
- Intensidad de Flujo Luminoso: 13000 lm
- Potencia Nominal: 250 W
- Eficacia: 53 lm/W

LÁMPARA HID - MH

CARACTERÍSTICAS

- Tiempo de Vida: 24000 h
- Temperatura de Color: 4000 °K
- Intensidad de Flujo Luminoso: 13000 lm
- Potencia Nominal: 250 W
- Eficacia: 53 lm/W

LÁMPARA HID - MH

CARACTERÍSTICAS

- Tiempo de Vida: 24000 h
- Temperatura de Color: 4000 °K
- Intensidad de Flujo Luminoso: 13000 lm
- Potencia Nominal: 250 W
- Eficacia: 53 lm/W

LÁMPARA HID - MH

CARACTERÍSTICAS

- Tiempo de Vida: 24000 h
- Temperatura de Color: 4000 °K
- Intensidad de Flujo Luminoso: 13000 lm
- Potencia Nominal: 250 W
- Eficacia: 53 lm/W

LÁMPARA HID - MH

CARACTERÍSTICAS

- Tiempo de Vida: 24000 h
- Temperatura de Color: 4000 °K
- Intensidad de Flujo Luminoso: 13000 lm
- Potencia Nominal: 250 W
- Eficacia: 53 lm/W

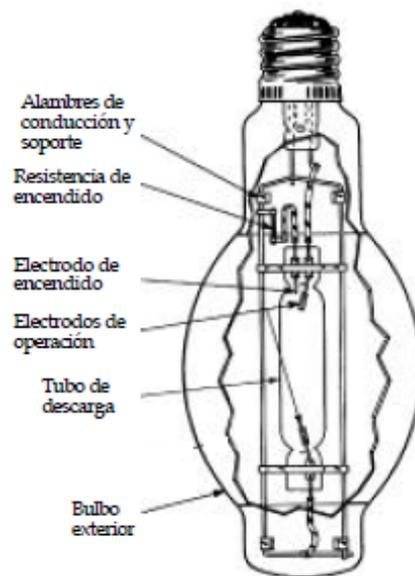
LÁMPARA HID - MH

CARACTERÍSTICAS

- Tiempo de Vida: 24000 h
- Temperatura de Color: 4000 °K
- Intensidad de Flujo Luminoso: 13000 lm
- Potencia Nominal: 250 W
- Eficacia: 53 lm/W

LÁMPARA HID - MH

ESTRUCTURA DE LA LÁMPARA DE HID - MH



LÁMPARA HID - MH

FASES DE ENCENDIDO

- 1 Fase de Ruptura
- 2 Fase de Transición de Luminiscencia a Arco
- 3 Fase de Transición a Arco Termoiónico
- 4 Fase de Arco Termoiónico

LÁMPARA HID - MH

FASES DE ENCENDIDO

- 1 Fase de Ruptura
- 2 Fase de Transición de Luminiscencia a Arco
- 3 Fase de Transición a Arco Termoiónico
- 4 Fase de Arco Termoiónico

LÁMPARA HID - MH

FASES DE ENCENDIDO

- 1 Fase de Ruptura
- 2 Fase de Transición de Luminiscencia a Arco
- 3 Fase de Transición a Arco Termoiónico
- 4 Fase de Arco Termoiónico

LÁMPARA HID - MH

FASES DE ENCENDIDO

- 1 Fase de Ruptura
- 2 Fase de Transición de Luminiscencia a Arco
- 3 Fase de Transición a Arco Termoiónico
- 4 Fase de Arco Termoiónico

LÁMPARA HID - MH

FASES DE ENCENDIDO

- 1 Fase de Ruptura
- 2 Fase de Transición de Luminiscencia a Arco
- 3 Fase de Transición a Arco Termoiónico
- 4 Fase de Arco Termoiónico

ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 LÁMPARA HID - MH
- 3 BALASTO ELECTRÓNICO**
- 4 CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5 PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6 CONCLUSIONES

BALASTO ELECTRÓNICO

FUNCIONES

- Proveer la tensión adecuada para establecer un arco entre los dos electrodos que encienden la lámpara
- Regular la corriente que fluye a través de la lámpara para estabilizar la salida de luz.
- Proporcionar la tensión de operación correcta para proveer la potencia de operación específica de la lámpara.

BALASTO ELECTRÓNICO

FUNCIONES

- Proveer la tensión adecuada para establecer un arco entre los dos electrodos que encienden la lámpara
- Regular la corriente que fluye a través de la lámpara para estabilizar la salida de luz.
- Proporcionar la tensión de operación correcta para proveer la potencia de operación específica de la lámpara.

BALASTO ELECTRÓNICO

FUNCIONES

- Proveer la tensión adecuada para establecer un arco entre los dos electrodos que encienden la lámpara
- Regular la corriente que fluye a través de la lámpara para estabilizar la salida de luz.
- Proporcionar la tensión de operación correcta para proveer la potencia de operación específica de la lámpara.

BALASTO ELECTRÓNICO

FUNCIONES

- Proveer la tensión adecuada para establecer un arco entre los dos electrodos que encienden la lámpara
- Regular la corriente que fluye a través de la lámpara para estabilizar la salida de luz.
- Proporcionar la tensión de operación correcta para proveer la potencia de operación específica de la lámpara.

BALASTO ELECTRÓNICO

VENTAJAS

- Mayor rendimiento de la lámpara
- Menores pérdidas de potencia
- Control de la intensidad luminosa
- Introducción de una etapa de control en el sistema

BALASTO ELECTRÓNICO

VENTAJAS

- Mayor rendimiento de la lámpara
- Menores pérdidas de potencia
- Control de la intensidad luminosa
- Introducción de una etapa de control en el sistema

BALASTO ELECTRÓNICO

VENTAJAS

- Mayor rendimiento de la lámpara
- Menores pérdidas de potencia
- Control de la intensidad luminosa
- Introducción de una etapa de control en el sistema

BALASTO ELECTRÓNICO

VENTAJAS

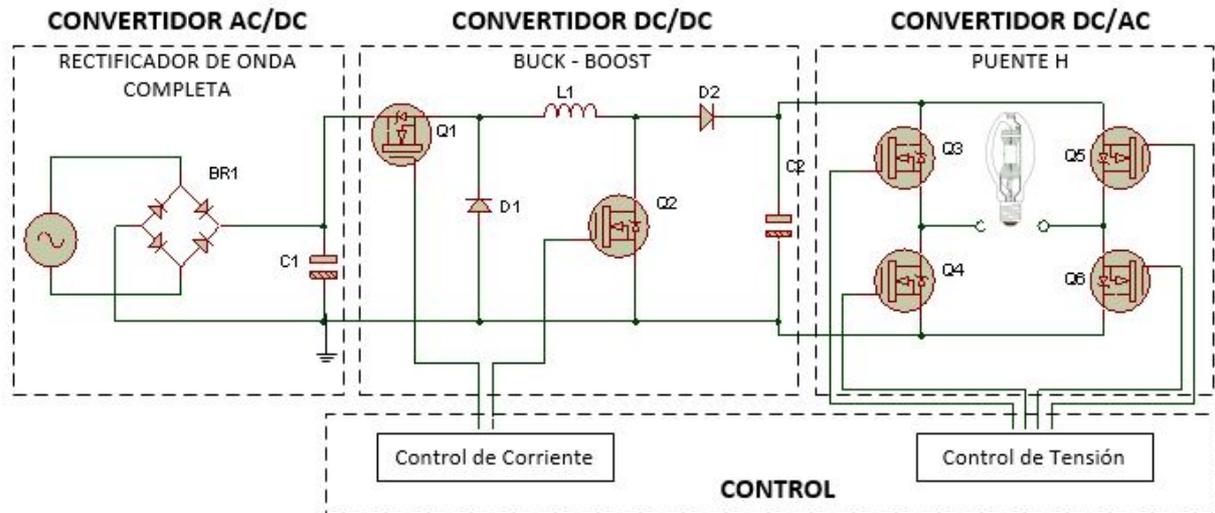
- Mayor rendimiento de la lámpara
- Menores pérdidas de potencia
- Control de la intensidad luminosa
- Introducción de una etapa de control en el sistema

BALASTO ELECTRÓNICO

VENTAJAS

- Mayor rendimiento de la lámpara
- Menores pérdidas de potencia
- Control de la intensidad luminosa
- Introducción de una etapa de control en el sistema

DIAGRAMA DEL BALASTO ELECTRÓNICO



BALASTO ELECTRÓNICO IMPLEMENTADO



ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 LÁMPARA HID - MH
- 3 BALASTO ELECTRÓNICO
- 4 CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5 PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6 CONCLUSIONES

ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 LÁMPARA HID - MH
- 3 BALASTO ELECTRÓNICO
- 4 CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5 PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6 CONCLUSIONES

IDENTIFICACIÓN

CONCEPTO

- Sage (1971): *“el proceso de determinar un conjunto de ecuaciones diferenciales o en diferencias, o los parámetros de tales ecuaciones, que describen un proceso físico de acuerdo con un determinado criterio”.*

PASOS

1. Adquisición de Datos de Entrada y Salida
2. Selección del Método de Identificación
3. Estimación de los Parámetros del Modelo
4. Validación del Modelo

IDENTIFICACIÓN

CONCEPTO

- Sage (1971): *“el proceso de determinar un conjunto de ecuaciones diferenciales o en diferencias, o los parámetros de tales ecuaciones, que describen un proceso físico de acuerdo con un determinado criterio”*.

PASOS

- Adquisición de Datos de Entrada y Salida
- Selección del Método de Identificación
- Estimación de los Parámetros del Modelo
- Validación del Modelo

IDENTIFICACIÓN

CONCEPTO

- Sage (1971): *“el proceso de determinar un conjunto de ecuaciones diferenciales o en diferencias, o los parámetros de tales ecuaciones, que describen un proceso físico de acuerdo con un determinado criterio”*.

PASOS

- Adquisición de Datos de Entrada y Salida
- Selección del Método de Identificación
- Estimación de los Parámetros del Modelo
- Validación del Modelo

IDENTIFICACIÓN

CONCEPTO

- Sage (1971): *“el proceso de determinar un conjunto de ecuaciones diferenciales o en diferencias, o los parámetros de tales ecuaciones, que describen un proceso físico de acuerdo con un determinado criterio”*.

PASOS

- Adquisición de Datos de Entrada y Salida
- Selección del Método de Identificación
- Estimación de los Parámetros del Modelo
- Validación del Modelo

IDENTIFICACIÓN

CONCEPTO

- Sage (1971): *“el proceso de determinar un conjunto de ecuaciones diferenciales o en diferencias, o los parámetros de tales ecuaciones, que describen un proceso físico de acuerdo con un determinado criterio”*.

PASOS

- Adquisición de Datos de Entrada y Salida
- Selección del Método de Identificación
- Estimación de los Parámetros del Modelo
- Validación del Modelo

IDENTIFICACIÓN

CONCEPTO

- Sage (1971): *“el proceso de determinar un conjunto de ecuaciones diferenciales o en diferencias, o los parámetros de tales ecuaciones, que describen un proceso físico de acuerdo con un determinado criterio”*.

PASOS

- Adquisición de Datos de Entrada y Salida
- Selección del Método de Identificación
- Estimación de los Parámetros del Modelo
- Validación del Modelo

IDENTIFICACIÓN

CONCEPTO

- Sage (1971): *“el proceso de determinar un conjunto de ecuaciones diferenciales o en diferencias, o los parámetros de tales ecuaciones, que describen un proceso físico de acuerdo con un determinado criterio”*.

PASOS

- Adquisición de Datos de Entrada y Salida
- Selección del Método de Identificación
- Estimación de los Parámetros del Modelo
- Validación del Modelo

IDENTIFICACIÓN

ADQUISICIÓN DE DATOS DE ENTRADA Y SALIDA

- Correcta excitación sistema.
- Señal de entrada: escalón, sinusoidal, señal aproximada al ruido blanco, entre otras.
- Función de Autocorrelación y Correlación Cruzada próxima a un Delta de Dirac.
- Ruido Analógico y Secuencia Binaria Pseudoaleatoria (SBPA).
- SBPA se introduce a los valores de operación normal sin afectar el funcionamiento del sistema.

IDENTIFICACIÓN

ADQUISICIÓN DE DATOS DE ENTRADA Y SALIDA

- Correcta excitación sistema.
- Señal de entrada: escalón, sinusoidal, señal aproximada al ruido blanco, entre otras.
- Función de Autocorrelación y Correlación Cruzada próxima a un Delta de Dirac.
- Ruido Analógico y Secuencia Binaria Pseudoaleatoria (SBPA).
- SBPA se introduce a los valores de operación normal sin afectar el funcionamiento del sistema.

IDENTIFICACIÓN

ADQUISICIÓN DE DATOS DE ENTRADA Y SALIDA

- Correcta excitación sistema.
- Señal de entrada: escalón, sinusoidal, señal aproximada al ruido blanco, entre otras.
- Función de Autocorrelación y Correlación Cruzada próxima a un Delta de Dirac.
- Ruido Analógico y Secuencia Binaria Pseudoaleatoria (SBPA).
- SBPA se introduce a los valores de operación normal sin afectar el funcionamiento del sistema.

IDENTIFICACIÓN

ADQUISICIÓN DE DATOS DE ENTRADA Y SALIDA

- Correcta excitación sistema.
- Señal de entrada: escalón, sinusoidal, señal aproximada al ruido blanco, entre otras.
- Función de Autocorrelación y Correlación Cruzada próxima a un Delta de Dirac.
- Ruido Analógico y Secuencia Binaria Pseudoaleatoria (SBPA).
- SBPA se introduce a los valores de operación normal sin afectar el funcionamiento del sistema.

IDENTIFICACIÓN

ADQUISICIÓN DE DATOS DE ENTRADA Y SALIDA

- Correcta excitación sistema.
- Señal de entrada: escalón, sinusoidal, señal aproximada al ruido blanco, entre otras.
- Función de Autocorrelación y Correlación Cruzada próxima a un Delta de Dirac.
- Ruido Analógico y Secuencia Binaria Pseudoaleatoria (SBPA).
- SBPA se introduce a los valores de operación normal sin afectar el funcionamiento del sistema.

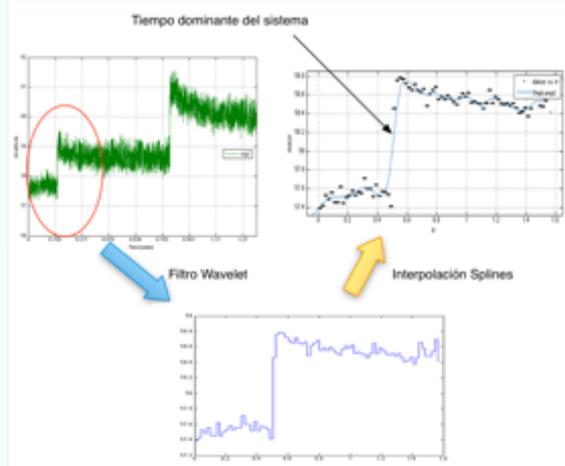
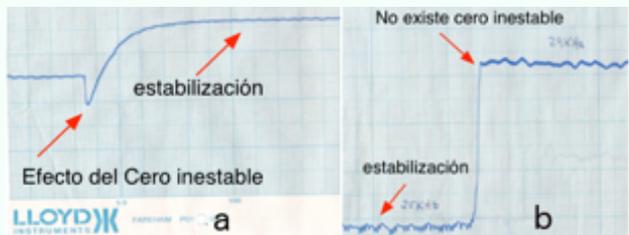
IDENTIFICACIÓN

ADQUISICIÓN DE DATOS DE ENTRADA Y SALIDA

- Correcta excitación sistema.
- Señal de entrada: escalón, sinusoidal, señal aproximada al ruido blanco, entre otras.
- Función de Autocorrelación y Correlación Cruzada próxima a un Delta de Dirac.
- Ruido Analógico y Secuencia Binaria Pseudoaleatoria (SBPA).
- SBPA se introduce a los valores de operación normal sin afectar el funcionamiento del sistema.

IDENTIFICACIÓN

CONSTANTE DE TIEMPO DEL SISTEMA(TAO)



IDENTIFICACIÓN

PARÁMETROS DE DISEÑO SBPA

- Ancho del pulso más corto (T_c), es el encargado de excitar las dinámicas rápidas del sistema y deber ser al menos $T_c = \frac{\tau}{2}$.
- Máxima longitud (N), depende directamente de la semilla m , $N = 2^m - 1$.
- Duración del ensayo (T_t), es el ancho de pulso más largo que debe responder a un mínimo de tres veces el tau del sistema $T_t \approx 3\tau$.
- La amplitud del pulso (ΔP), este dependerá netamente del sistema a ser trabajado.

IDENTIFICACIÓN

PARÁMETROS DE DISEÑO SBPA

- Ancho del pulso más corto (T_c), es el encargado de excitar las dinámicas rápidas del sistema y deber ser al menos $T_c = \frac{\tau}{2}$.
- Máxima longitud (N), depende directamente de la semilla m , $N = 2^m - 1$.
- Duración del ensayo (T_t), es el ancho de pulso más largo que debe responder a un mínimo de tres veces el tau del sistema $T_t \approx 3\tau$.
- La amplitud del pulso (ΔP), este dependerá netamente del sistema a ser trabajado.

IDENTIFICACIÓN

PARÁMETROS DE DISEÑO SBPA

- Ancho del pulso más corto (T_c), es el encargado de excitar las dinámicas rápidas del sistema y deber ser al menos $T_c = \frac{\tau}{2}$.
- Máxima longitud (N), depende directamente de la semilla m , $N = 2^m - 1$.
- Duración del ensayo (T_t), es el ancho de pulso más largo que debe responder a un mínimo de tres veces el tau del sistema $T_t \approx 3\tau$.
- La amplitud del pulso (ΔP), este dependerá netamente del sistema a ser trabajado.

IDENTIFICACIÓN

PARÁMETROS DE DISEÑO SBPA

- Ancho del pulso más corto (T_c), es el encargado de excitar las dinámicas rápidas del sistema y deber ser al menos $T_c = \frac{\tau}{2}$.
- Máxima longitud (N), depende directamente de la semilla m , $N = 2^m - 1$.
- Duración del ensayo (T_t), es el ancho de pulso más largo que debe responder a un mínimo de tres veces el tao del sistema $T_t \approx 3\tau$.
- La amplitud del pulso (ΔP), este dependerá netamente del sistema a ser trabajado.

IDENTIFICACIÓN

PARÁMETROS DE DISEÑO SBPA

- Ancho del pulso más corto (T_c), es el encargado de excitar las dinámicas rápidas del sistema y deber ser al menos $T_c = \frac{\tau}{2}$.
- Máxima longitud (N), depende directamente de la semilla m , $N = 2^m - 1$.
- Duración del ensayo (T_t), es el ancho de pulso más largo que debe responder a un mínimo de tres veces el tao del sistema $T_t \approx 3\tau$.
- La amplitud del pulso (ΔP), este dependerá netamente del sistema a ser trabajado.

IDENTIFICACIÓN

DISEÑO DE LA SBPA

$$\begin{aligned}T_c &= \frac{\tau}{2} \\T_c &= \frac{2ms}{2} \\T_c &= 1ms \\ \\T_t &\approx 3\tau \\T_t &\approx 3(2ms) \\T_t &\approx 6ms\end{aligned}$$

$$t_m = 1ms$$

$$m = 8$$

$$N = 2^m - 1$$

$$N = 2^8 - 1$$

$$N = 255$$

$$\begin{aligned}T_{maxSBPA} &= t_m * N \\T_{maxSBPA} &= 1ms * 255 \\T_{maxSBPA} &= 255ms\end{aligned}$$

IDENTIFICACIÓN

DISEÑO DE LA SBPA

$$\begin{aligned}T_c &= \frac{\tau}{2} \\T_c &= \frac{2ms}{2} \\T_c &= 1ms \\ \\T_t &\approx 3\tau \\T_t &\approx 3(2ms) \\T_t &\approx 6ms\end{aligned}$$

$$t_m = 1ms$$

$$m = 8$$

$$N = 2^m - 1$$

$$N = 2^8 - 1$$

$$N = 255$$

$$\begin{aligned}T_{maxSBPA} &= t_m * N \\T_{maxSBPA} &= 1ms * 255 \\T_{maxSBPA} &= 255ms\end{aligned}$$

IDENTIFICACIÓN

DISEÑO DE LA SBPA

$$\begin{aligned}T_c &= \frac{\tau}{2} \\T_c &= \frac{2ms}{2} \\T_c &= 1ms \\ \\T_t &\approx 3\tau \\T_t &\approx 3(2ms) \\T_t &\approx 6ms\end{aligned}$$

$$t_m = 1ms$$

$$m = 8$$

$$N = 2^m - 1$$

$$N = 2^8 - 1$$

$$N = 255$$

$$\begin{aligned}T_{maxSBPA} &= t_m * N \\T_{maxSBPA} &= 1ms * 255 \\T_{maxSBPA} &= 255ms\end{aligned}$$

IDENTIFICACIÓN

DISEÑO DE LA SBPA

$$\begin{aligned}T_c &= \frac{\tau}{2} \\T_c &= \frac{2ms}{2} \\T_c &= 1ms \\ \\T_t &\approx 3\tau \\T_t &\approx 3(2ms) \\T_t &\approx 6ms\end{aligned}$$

$$t_m = 1ms$$

$$m = 8$$

$$N = 2^m - 1$$

$$N = 2^8 - 1$$

$$N = 255$$

$$\begin{aligned}T_{maxSBPA} &= t_m * N \\T_{maxSBPA} &= 1ms * 255 \\T_{maxSBPA} &= 255ms\end{aligned}$$

IDENTIFICACIÓN

SEÑAL BINARIA PSEUDOALEATORIA

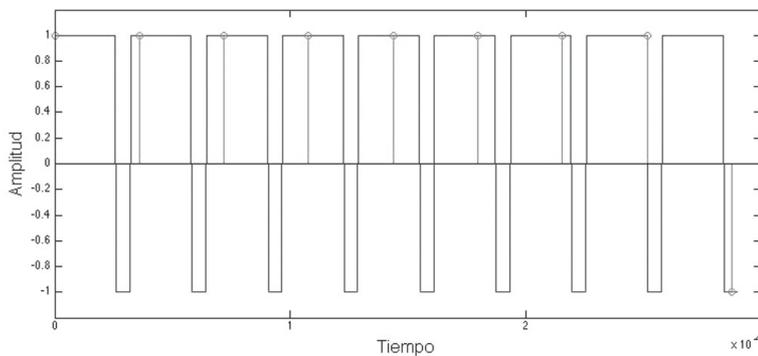
- Semilla 8 bits = $\{0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1\}$
- Nuevo valor: $bit2 \wedge bit3 \wedge bit4 \wedge bit8 = 0$
- Rotación a la derecha: $\{0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0\}$



IDENTIFICACIÓN

APLICACIÓN DE LA SEÑAL BINARIA PSEUDOALEATORIA

Mismo valor medio durante el tiempo que permanezca un valor de ciclo de trabajo.

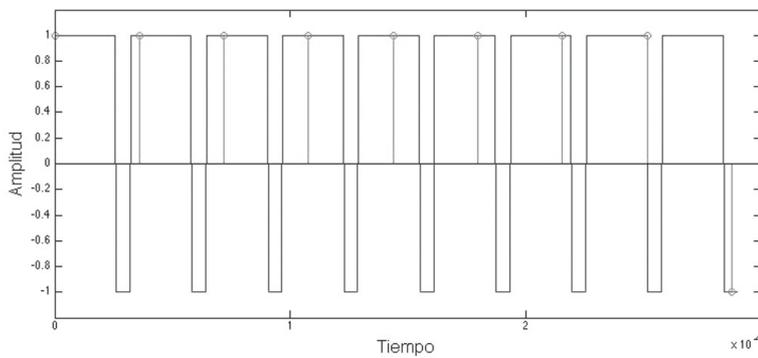


- $f=31$ kHz
- $T=32.26\mu s$
- $t_m=1ms$
- $\frac{t_m}{T} = 31$

IDENTIFICACIÓN

APLICACIÓN DE LA SEÑAL BINARIA PSEUDOALEATORIA

Mismo valor medio durante el tiempo que permanezca un valor de ciclo de trabajo.

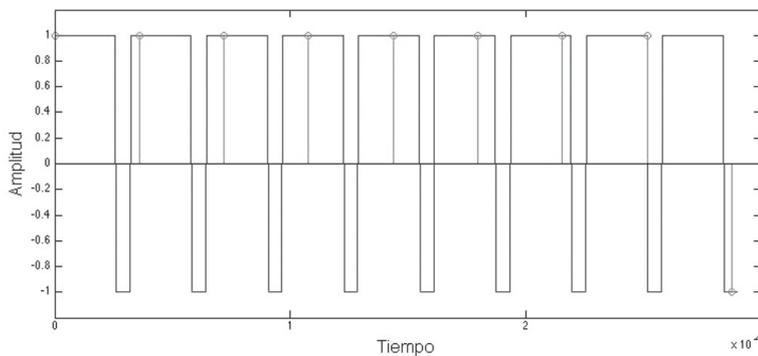


- $f=31$ kHz
- $T=32.26\mu s$
- $t_m=1ms$
- $\frac{t_m}{T} = 31$

IDENTIFICACIÓN

APLICACIÓN DE LA SEÑAL BINARIA PSEUDOALEATORIA

Mismo valor medio durante el tiempo que permanezca un valor de ciclo de trabajo.

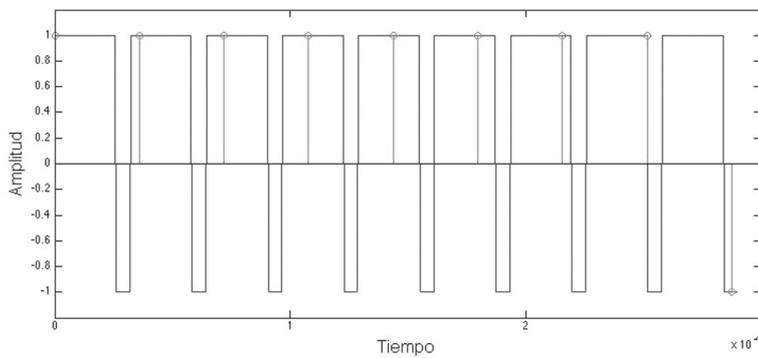


- $f=31$ kHz
- $T=32.26\mu s$
- $t_m=1ms$
- $\frac{t_m}{T} = 31$

IDENTIFICACIÓN

APLICACIÓN DE LA SEÑAL BINARIA PSEUDOALEATORIA

Mismo valor medio durante el tiempo que permanezca un valor de ciclo de trabajo.

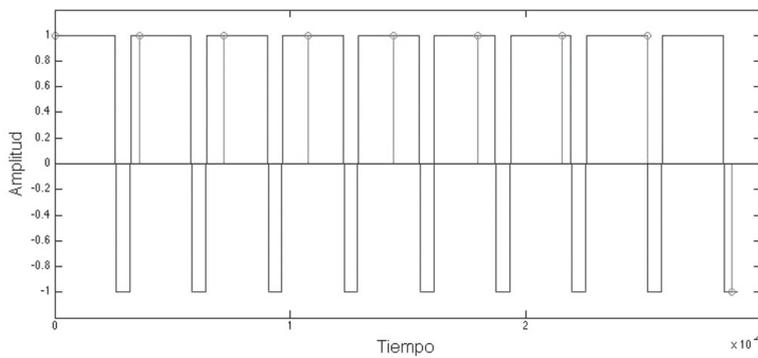


- $f=31$ kHz
- $T=32.26\mu s$
- $t_m=1ms$
- $\frac{t_m}{T} = 31$

IDENTIFICACIÓN

APLICACIÓN DE LA SEÑAL BINARIA PSEUDOALEATORIA

Mismo valor medio durante el tiempo que permanezca un valor de ciclo de trabajo.



- $f=31$ kHz
- $T=32.26\mu s$
- $t_m=1ms$
- $\frac{t_m}{T} = 31$

IDENTIFICACIÓN

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN

- Identificación Paramétrica: parámetros a ser ajustados.
- Identificación en línea
- Método de Mínimos Cuadrados ARX (Auto-regressive Exogenous)

IDENTIFICACIÓN

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN

- Identificación Paramétrica: parámetros a ser ajustados.
- Identificación en línea
- Método de Mínimos Cuadrados ARX (Auto-regressive Exogenous)

IDENTIFICACIÓN

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN

- Identificación Paramétrica: parámetros a ser ajustados.
- Identificación en línea
- Método de Mínimos Cuadrados ARX (Auto-regressive Exogenous)

IDENTIFICACIÓN

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN

- Identificación Paramétrica: parámetros a ser ajustados.
- Identificación en línea
- Método de Mínimos Cuadrados ARX (Auto-regressive Exogenous)

IDENTIFICACIÓN

MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS ARX (AGUADO)

■

$$g(t+1) = C(t)z(t+1)$$

$$\alpha^2(t+1) = \varphi^2 + z^T(t+1)g(t+1)$$

$$\hat{e}(t+1) = y(t+1) - \hat{P}^T(t)z(t+1)$$

$$\hat{P}(t+1) = \hat{P}(t) + \frac{1}{\alpha^2(t+1)}g(t+1)\hat{e}(t+1)$$

$$\hat{\sigma}^2(t+1) = \frac{\varphi}{v(t+1)} \left[v(t)\hat{\sigma}^2(t) + \frac{1}{\alpha^2(t+1)}\hat{e}(t+1)\hat{e}^T(t+1) \right]$$

$$C(t+1) = \frac{1}{\varphi^2} \left[C(t) - \frac{1}{\alpha^2(t+1)}g(t+1)g^T(t+1) \right]$$

■ Dónde:

g : matriz de estimación

C : matriz de la covarianza de la estimación

z : vector de regresión

α^2 : escalar

φ : factor de olvido

e : vector de ruido

y : salida del sistema

P : vector de coeficientes

v : ruido correlacionado

σ^2 : varianza del ruido

IDENTIFICACIÓN

MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS ARX (AGUADO)



$$g(t+1) = C(t)z(t+1)$$

$$\alpha^2(t+1) = \varphi^2 + z^T(t+1)g(t+1)$$

$$\hat{e}(t+1) = y(t+1) - \hat{P}^T(t)z(t+1)$$

$$\hat{P}(t+1) = \hat{P}(t) + \frac{1}{\alpha^2(t+1)}g(t+1)\hat{e}(t+1)$$

$$\hat{\sigma}^2(t+1) = \frac{\varphi}{v(t+1)} \left[v(t)\hat{\sigma}^2(t) + \frac{1}{\alpha^2(t+1)}\hat{e}(t+1)\hat{e}^T(t+1) \right]$$

$$C(t+1) = \frac{1}{\varphi^2} \left[C(t) - \frac{1}{\alpha^2(t+1)}g(t+1)g^T(t+1) \right]$$

■ Dónde:

g : matriz de estimación

C : matriz de la covarianza de la estimación

z : vector de regresión

α^2 : escalar

φ : factor de olvido

e : vector de ruido

y : salida del sistema

P : vector de coeficientes

v : ruido correlacionado

σ^2 : varianza del ruido

IDENTIFICACIÓN

MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS ARX (AGUADO)

■

$$g(t+1) = C(t)z(t+1)$$

$$\alpha^2(t+1) = \varphi^2 + z^T(t+1)g(t+1)$$

$$\hat{e}(t+1) = y(t+1) - \hat{P}^T(t)z(t+1)$$

$$\hat{P}(t+1) = \hat{P}(t) + \frac{1}{\alpha^2(t+1)}g(t+1)\hat{e}(t+1)$$

$$\hat{\sigma}^2(t+1) = \frac{\varphi}{v(t+1)} \left[v(t)\hat{\sigma}^2(t) + \frac{1}{\alpha^2(t+1)}\hat{e}(t+1)\hat{e}^T(t+1) \right]$$

$$C(t+1) = \frac{1}{\varphi^2} \left[C(t) - \frac{1}{\alpha^2(t+1)}g(t+1)g^T(t+1) \right]$$

■ Dónde:

g : matriz de estimación

C : matriz de la covarianza de la estimación

z : vector de regresión

α^2 : escalar

φ : factor de olvido

e : vector de ruido

y : salida del sistema

P : vector de coeficientes

v : ruido correlacionado

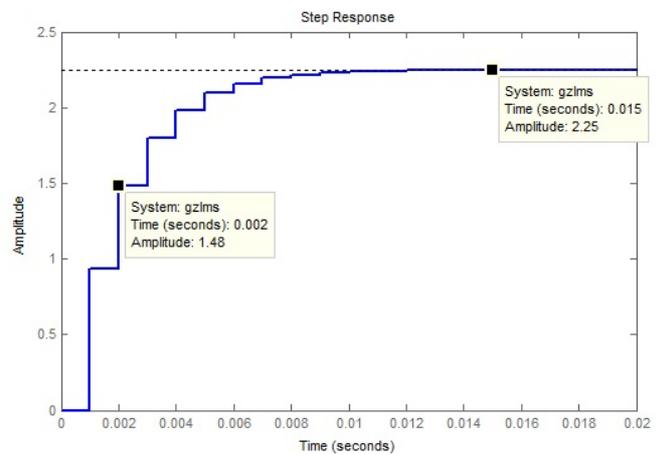
σ^2 : varianza del ruido

IDENTIFICACIÓN

FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

$$\frac{y(z)}{u(z)} = \frac{0,9378}{z-0,5799}$$

RESPUESTA AL ESCALÓN



ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 LÁMPARA HID - MH
- 3 BALASTO ELECTRÓNICO
- 4 CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5 PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6 CONCLUSIONES

CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO

Busca alcanzar la salida deseada a través de las predicciones realizadas en base al modelo de la planta.

En sistemas SISO o MIMO, cuyo proceso varía en el tiempo.

El objetivo es encontrar la ley de control, la misma que permite calcular la salida predicha.

Los parámetros del modelo adaptativo - predictivo son descargados en tiempo real.

CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO

Busca alcanzar la salida deseada a través de las predicciones realizadas en base al modelo de la planta.

En sistemas SISO o MIMO, cuyo proceso varía en el tiempo.

El objetivo es encontrar la ley de control, la misma que permite calcular la salida predicha.

Los parámetros del modelo adaptativo - predictivo son descargados en tiempo real.

CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO

Busca alcanzar la salida deseada a través de las predicciones realizadas en base al modelo de la planta.

En sistemas SISO o MIMO, cuyo proceso varía en el tiempo.

El objetivo es encontrar la ley de control, la misma que permite calcular la salida predicha.

Los parámetros del modelo adaptativo - predictivo son descargados en tiempo real.

CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO

Busca alcanzar la salida deseada a través de las predicciones realizadas en base al modelo de la planta.

En sistemas SISO o MIMO, cuyo proceso varía en el tiempo.

El objetivo es encontrar la ley de control, la misma que permite calcular la salida predicha.

Los parámetros del modelo adaptativo - predictivo son descargados en tiempo real.

CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO

Busca alcanzar la salida deseada a través de las predicciones realizadas en base al modelo de la planta.

En sistemas SISO o MIMO, cuyo proceso varía en el tiempo.

El objetivo es encontrar la ley de control, la misma que permite calcular la salida predicha.

Los parámetros del modelo adaptativo - predictivo son descargados en tiempo real.

CONTROL PREDICTIVO BASADO EN MODELO (MPC)

VENTAJAS

- Puede ser usado para controlar una gran variedad de procesos.
- Intrínsecamente tiene compensaciones para los tiempos muertos.
- Introduce realimentación al control para compensar las perturbaciones.
- La regla de control lineal es fácil para implementar en el controlador resultante.

CONTROL PREDICTIVO BASADO EN MODELO (MPC)

VENTAJAS

- Puede ser usado para controlar una gran variedad de procesos.
- Intrínsecamente tiene compensaciones para los tiempos muertos.
- Introduce realimentación al control para compensar las perturbaciones.
- La regla de control lineal es fácil para implementar en el controlador resultante.

CONTROL PREDICTIVO BASADO EN MODELO (MPC)

VENTAJAS

- Puede ser usado para controlar una gran variedad de procesos.
- Intrínsecamente tiene compensaciones para los tiempos muertos.
- Introduce realimentación al control para compensar las perturbaciones.
- La regla de control lineal es fácil para implementar en el controlador resultante.

CONTROL PREDICTIVO BASADO EN MODELO (MPC)

VENTAJAS

- Puede ser usado para controlar una gran variedad de procesos.
- Intrínsecamente tiene compensaciones para los tiempos muertos.
- Introduce realimentación al control para compensar las perturbaciones.
- La regla de control lineal es fácil para implementar en el controlador resultante.

CONTROL PREDICTIVO BASADO EN MODELO (MPC)

VENTAJAS

- Puede ser usado para controlar una gran variedad de procesos.
- Intrínsecamente tiene compensaciones para los tiempos muertos.
- Introduce realimentación al control para compensar las perturbaciones.
- La regla de control lineal es fácil para implementar en el controlador resultante.

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MPC

1. MODELO DE PREDICCIÓN

- Modelo de Proceso
 - Función de transferencia
- Modelo de Perturbaciones
- Respuesta Libre y Forzada

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MPC

1. MODELO DE PREDICCIÓN

- Modelo de Proceso
 - Función de transferencia
- Modelo de Perturbaciones
- Respuesta Libre y Forzada

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MPC

1. MODELO DE PREDICCIÓN

- Modelo de Proceso
 - Función de transferencia
- Modelo de Perturbaciones
- Respuesta Libre y Forzada

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MPC

1. MODELO DE PREDICCIÓN

- Modelo de Proceso
 - Función de transferencia
- Modelo de Perturbaciones
- Respuesta Libre y Forzada

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MPC

1. MODELO DE PREDICCIÓN

- Modelo de Proceso
 - Función de transferencia
- Modelo de Perturbaciones
- Respuesta Libre y Forzada

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MPC

1. MODELO DE PREDICCIÓN

- Modelo de Proceso
 - Función de transferencia
- Modelo de Perturbaciones
- Respuesta Libre y Forzada

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MPC

2. FUNCIÓN OBJETIVO

$$J(N_1, N_2, N_u) = \sum_{j=N_1}^{N_2} \delta(j) [\hat{y}(t+j | t) - w(t+j)]^2 + \sum_{i=1}^{N_u} \lambda(t) [\Delta u(t+j-1)]^2$$

3. OBTENCIÓN DE LA LEY DE CONTROL

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MPC

2. FUNCIÓN OBJETIVO

$$J(N_1, N_2, N_u) = \sum_{i=N_1}^{N_2} \delta(j) [\hat{y}(t+j | t) - w(t+j)]^2 + \sum_{i=1}^{N_u} \lambda(t) [\Delta u(t+j-1)]^2$$

3. OBTENCIÓN DE LA LEY DE CONTROL

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MPC

2. FUNCIÓN OBJETIVO

$$J(N_1, N_2, N_u) = \sum_{i=N_1}^{N_2} \delta(j) [\hat{y}(t+j | t) - w(t+j)]^2 + \sum_{i=1}^{N_u} \lambda(t) [\Delta u(t+j-1)]^2$$

3. OBTENCIÓN DE LA LEY DE CONTROL

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MPC

2. FUNCIÓN OBJETIVO

$$J(N_1, N_2, N_u) = \sum_{i=N_1}^{N_2} \delta(j) [\hat{y}(t+j | t) - w(t+j)]^2 + \sum_{i=1}^{N_u} \lambda(t) [\Delta u(t+j-1)]^2$$

3. OBTENCIÓN DE LA LEY DE CONTROL

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Usa el modelo de función de transferencia.

Estima la secuencia futura de control $u(t), u(t+1), \dots$ en donde la salida de la planta $y(t+j)$ sigue lo más cercano posible a la trayectoria de referencia $w(t+j)$.

Basado en el modelo CARIMA (Controller Auto - Regressive Integrated Moving - Average).

$$A(z^{-1})y(t) = B(z^{-1})z^{-d}u(t-1) + C(z^{-1})\frac{e(t)}{\Delta}, \quad \Delta = 1 - z^{-1}$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Usa el modelo de función de transferencia.

Estima la secuencia futura de control $u(t)$, $u(t+1)$, ... en donde la salida de la planta $y(t+j)$ sigue lo más cercano posible a la trayectoria de referencia $w(t+j)$.

Basado en el modelo CARIMA (Controller Auto - Regressive Integrated Moving - Average).

$$A(z^{-1})y(t) = B(z^{-1})z^{-d}u(t-1) + C(z^{-1})\frac{e(t)}{\Delta}, \quad \Delta = 1 - z^{-1}$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Usa el modelo de función de transferencia.

Estima la secuencia futura de control $u(t)$, $u(t+1)$, ... en donde la salida de la planta $y(t+j)$ sigue lo más cercano posible a la trayectoria de referencia $w(t+j)$.

Basado en el modelo CARIMA (Controller Auto - Regressive Integrated Moving - Average).

$$A(z^{-1})y(t) = B(z^{-1})z^{-d}u(t-1) + C(z^{-1})\frac{e(t)}{\Delta}, \quad \Delta = 1 - z^{-1}$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

El diseño del control considera al polinomio de ruido C igual a 1, mientras que los polinomios A y B pertenecen a la función de transferencia hallada en la identificación por lo tanto,

$$a = -0,5799 \quad b_0 = 0,9378$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

El algoritmo GPC consiste en aplicar una secuencia de control para minimizar la función de costo:

$$J(N_1, N_2, N_u) = \sum_{i=N_1}^{N_2} \delta(j) [\hat{y}(t+j | t) - w(t+j)]^2 + \sum_{i=1}^{N_u} \lambda(t) [\Delta u(t+j-1)]^2$$

Los valores de diseño tomados para los horizontes de costo y de control son:

$$d = 0 \quad N_1 = d + 1 = 1 \quad N_2 = N_u = 3$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

El algoritmo GPC consiste en aplicar una secuencia de control para minimizar la función de costo:

$$J(N_1, N_2, N_u) = \sum_{i=N_1}^{N_2} \delta(j) [\hat{y}(t+j | t) - w(t+j)]^2 + \sum_{i=1}^{N_u} \lambda(t) [\Delta u(t+j-1)]^2$$

Los valores de diseño tomados para los horizontes de costo y de control son:

$$d = 0 \quad N_1 = d + 1 = 1 \quad N_2 = N_u = 3$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Considerando la ecuación diofántica:

$$1 = E_j(z^{-1}) \cdot \tilde{A}(z^{-1}) + z^{-j} \cdot F_j(z^{-1}) \text{ con } \tilde{A}(z^{-1}) = \Delta A(z^{-1})$$

■	$E_1(z^{-1}) = 1$	■	$F_1(z^{-1}) = 1,5799 - 0,5799z^{-1}$
	$E_2(z^{-1}) = 1 + 1,5799z^{-1}$		$F_2(z^{-1}) = 1,9162 - 0,9162z^{-1}$
	$E_3(z^{-1}) = 1 + 1,5799z^{-1} + 1,9162z^{-2}$		$F_3(z^{-1}) = 2,1112 + 1,1112z^{-1}$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Considerando la ecuación diofántica:

$$1 = E_j(z^{-1}) \cdot \tilde{A}(z^{-1}) + z^{-j} \cdot F_j(z^{-1}) \text{ con } \tilde{A}(z^{-1}) = \Delta A(z^{-1})$$

■	$E_1(z^{-1}) = 1$	■	$F_1(z^{-1}) = 1,5799 - 0,5799z^{-1}$
	$E_2(z^{-1}) = 1 + 1,5799z^{-1}$		$F_2(z^{-1}) = 1,9162 - 0,9162z^{-1}$
	$E_3(z^{-1}) = 1 + 1,5799z^{-1} + 1,9162z^{-2}$		$F_3(z^{-1}) = 2,1112 + 1,1112z^{-1}$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

El cálculo de la ley de control requiere de la obtención de la matriz G , la cual se obtiene por medio de:

$$g_j = - \sum_{i=1}^j a_i g_{j-1} + \sum_{i=0}^{j-1} b_i \text{ con } g_k = 0 \forall k < 0$$

$$\begin{aligned} g_0 &= b_0 = 0,9378 \\ g_1 &= -a_1 g_0 + b_0 + b_1 = 1,4816 \\ g_2 &= -a_1 g_1 - a_2 g_0 + b_0 + b_1 = 1,7910 \end{aligned}$$

$$G = \begin{bmatrix} 0,9378 & 0 & 0 \\ 1,4816 & 0,9378 & 0 \\ 1,7910 & 1,4816 & 0,9378 \end{bmatrix}$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

El cálculo de la ley de control requiere de la obtención de la matriz G , la cual se obtiene por medio de:

$$g_j = - \sum_{i=1}^j a_i g_{j-i} + \sum_{i=0}^{j-1} b_i \text{ con } g_k = 0 \forall k < 0$$

$$\begin{aligned} g_0 &= b_0 = 0,9378 \\ g_1 &= -a_1 g_0 + b_0 + b_1 = 1,4816 \\ g_2 &= -a_1 g_1 - a_2 g_0 + b_0 + b_1 = 1,7910 \end{aligned}$$

$$G = \begin{bmatrix} 0,9378 & 0 & 0 \\ 1,4816 & 0,9378 & 0 \\ 1,7910 & 1,4816 & 0,9378 \end{bmatrix}$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Las salidas predichas son calculadas por medio de:

$$y = Gu + F(z^{-1})y(t) + G'(z^{-1})\Delta u(t - 1)$$

Los dos últimos términos en y dependen del pasado, por lo que son agrupados en f .

$$y = Gu + f$$
$$f_{j+1} = z(1 - \hat{A}(z^{-1})f_j + B(z^{-1})\Delta u(t - d + j))$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Las salidas predichas son calculadas por medio de:

$$y = Gu + F(z^{-1})y(t) + G'(z^{-1})\Delta u(t-1)$$

Los dos últimos términos en y dependen del pasado, por lo que son agrupados en f .

$$y = Gu + f$$
$$f_{j+1} = z(1 - \hat{A}(z^{-1})f_j + B(z^{-1})\Delta u(t-d+j))$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Al reemplazar los valores en y obtenemos las salidas predichas:

$$\begin{bmatrix} \hat{y}(t+1|t) \\ \hat{y}(t+2|t) \\ \hat{y}(t+3|t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,9378 & 0 & 0 \\ 1,4816 & 0,9378 & 0 \\ 1,7910 & 1,4816 & 0,9378 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta u(t) \\ \Delta u(t+1) \\ \Delta u(t+2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1,5799y(t) - 0,5799(t-1) \\ 1,9162y(t) - 0,9162(t-1) \\ 2,1112y(t) - 1,1112(t-1) \end{bmatrix}$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Para calcular la ley de control, la función de costo se expresa:

$$J = (Gu + f - w)^T (Gu + f - w) + \lambda u^T u$$

$$J = \frac{1}{2} u^T H u + b^T u + f_0$$

Donde,

$$H = 2(G^T G + \lambda I)$$

$$b^T = 2(f - w)^T G$$

$$f_0 = (f - w)^T (f - w)$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Para calcular la ley de control, la función de costo se expresa:

$$J = (Gu + f - w)^T (Gu + f - w) + \lambda u^T u$$
$$J = \frac{1}{2} u^T H u + b^T u + f_0$$

Donde,

$$H = 2(G^T G + \lambda I)$$
$$b^T = 2(f - w)^T G$$
$$f_0 = (f - w)^T (f - w)$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Mientras que la trayectoria de referencia esta calculada por:

$$w(t+k) = \alpha w(t+k-1) + (1-\alpha)r(t+k)$$

El parámetro de diseño respecto a restricciones para el control es nulo, por lo tanto el gradiente de J es igual a cero, y se tiene:

$$u = -H^{-1}b = (G^T G + \lambda I)^{-1} G^T (w - f)$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Mientras que la trayectoria de referencia esta calculada por:

$$w(t+k) = \alpha w(t+k-1) + (1-\alpha)r(t+k)$$

El parámetro de diseño respecto a restricciones para el control es nulo, por lo tanto el gradiente de J es igual a cero, y se tiene:

$$u = -H^{-1}b = (G^T G + \lambda I)^{-1} G^T (w - f)$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

La señal de control que se envía actualmente al proceso, es el primer elemento del vector u , que es dado por:

$$\Delta u(t) = K(w - f)$$

donde K es la primera fila de la matriz $(G^T G + \lambda I)G^T$; por lo tanto se obtiene la siguiente ecuación:

$$\Delta u(t) = 0,0632w(t+1) - 0,0317w(t+2) - 0,0044w(t+3) + \dots \\ \dots + 0,0056\Delta u(t-1) + 0,0065y(t) + 0,0050y(t-1)$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

La señal de control que se envía actualmente al proceso, es el primer elemento del vector u , que es dado por:

$$\Delta u(t) = K(w - f)$$

donde K es la primera fila de la matriz $(G^T G + \lambda I)G^T$; por lo tanto se obtiene la siguiente ecuación:

$$\Delta u(t) = 0,0632w(t+1) - 0,0317w(t+2) - 0,0044w(t+3) + \dots \\ \dots + 0,0056\Delta u(t-1) + 0,0065y(t) + 0,0050y(t-1)$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

La señal de control que se envía actualmente al proceso, es el primer elemento del vector u , que es dado por:

$$\Delta u(t) = K(w - f)$$

donde K es la primera fila de la matriz $(G^T G + \lambda I)G^T$; por lo tanto se obtiene la siguiente ecuación:

$$\Delta u(t) = 0,0632w(t+1) - 0,0317w(t+2) - 0,0044w(t+3) + \dots \\ \dots + 0,0056\Delta u(t-1) + 0,0065y(t) + 0,0050y(t-1)$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

La señal de control que se envía actualmente al proceso, es el primer elemento del vector u , que es dado por:

$$\Delta u(t) = K(w - f)$$

donde K es la primera fila de la matriz $(G^T G + \lambda I)G^T$; por lo tanto se obtiene la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \Delta u(t) = & 0,0632w(t+1) - 0,0317w(t+2) - 0,0044w(t+3) + \dots \\ & \dots + 0,0056\Delta u(t-1) + 0,0065y(t) + 0,0050y(t-1) \end{aligned}$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

Finalmente para hallar la ley de control se despeja $u(t)$ teniendo:

$$u(t) = 0,5632u(t-1) + 0,5315u(t-2) + 0,5271y(t) + 0,5327y(t-1) + \dots \\ \dots + 0,5392w(t+1) + 0,5441w(t+2) + 0,5476w(t+3)$$

ALGORITMO DE CONTROL PREDICTIVO GENERALIZADO (GPC)

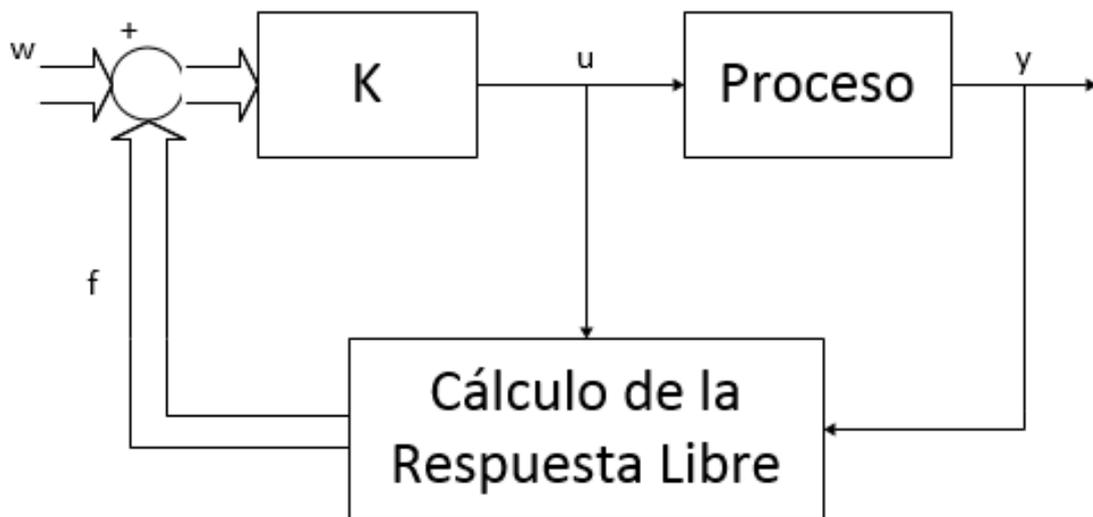
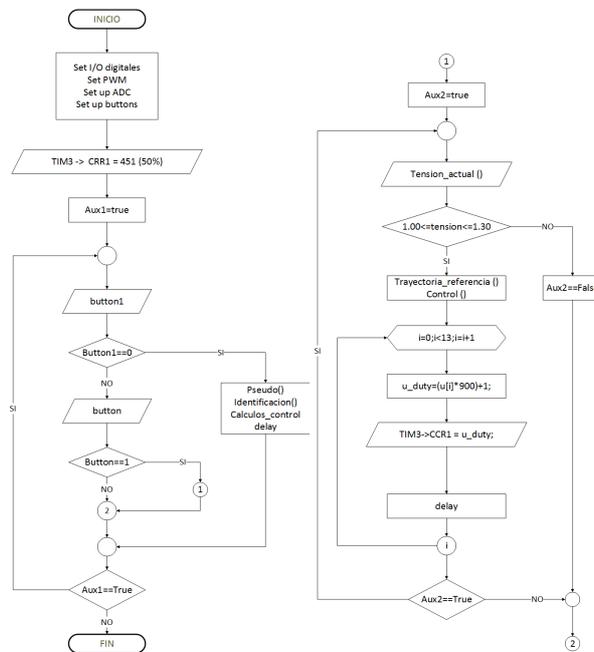


DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO



ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 LÁMPARA HID - MH
- 3 BALASTO ELECTRÓNICO
- 4 CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5 PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6 CONCLUSIONES

ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 LÁMPARA HID - MH
- 3 BALASTO ELECTRÓNICO
- 4 CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5 PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6 CONCLUSIONES

MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA BALASTO - LÁMPARA

ANÁLISIS DEL MODELO CALCULADO

Función de Transferencia Discreta:

$$\frac{y(z)}{u(z)} = \frac{0,9378}{z-0,5799}$$

Datos Experimentales: Fuera de Línea

Datos Simulados: Filter de Matlab

MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA BALASTO - LÁMPARA

ANÁLISIS DEL MODELO CALCULADO

Función de Transferencia Discreta:

$$\frac{y(z)}{u(z)} = \frac{0,9378}{z-0,5799}$$

Datos Experimentales: Fuera de Línea

Datos Simulados: Filter de Matlab

MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA BALASTO - LÁMPARA

ANÁLISIS DEL MODELO CALCULADO

Función de Transferencia Discreta:

$$\frac{y(z)}{u(z)} = \frac{0,9378}{z-0,5799}$$

Datos Experimentales: Fuera de Línea

Datos Simulados: Filter de Matlab

MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA BALASTO - LÁMPARA

ANÁLISIS DEL MODELO CALCULADO

Función de Transferencia Discreta:

$$\frac{y(z)}{u(z)} = \frac{0,9378}{z-0,5799}$$

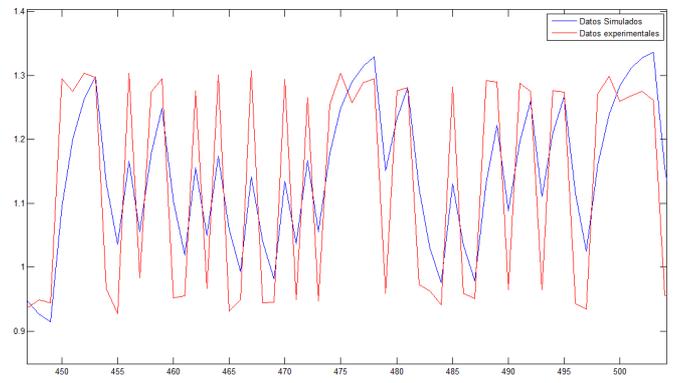
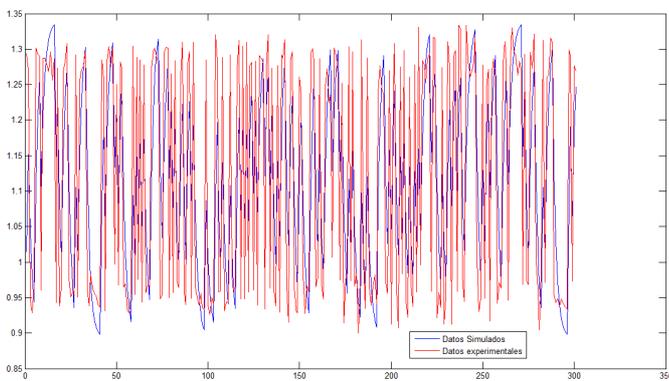
Datos Experimentales: Fuera de Línea

Datos Simulados: Filter de Matlab

MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA BALASTO - LÁMPARA

DATOS SIMULADOS VS DATOS EXPERIMENTALES

Porcentaje de Ajuste = 89.59%



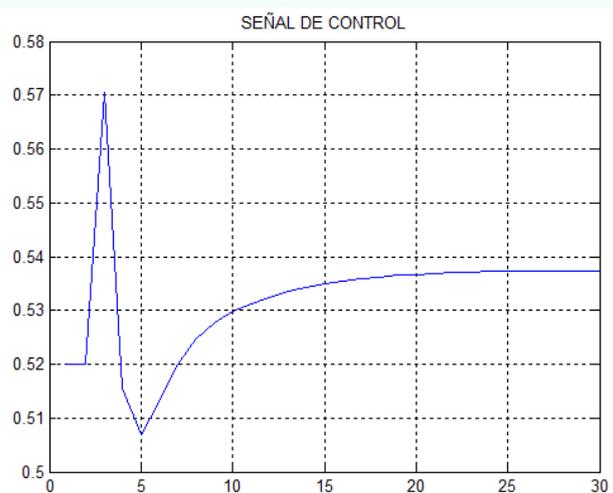
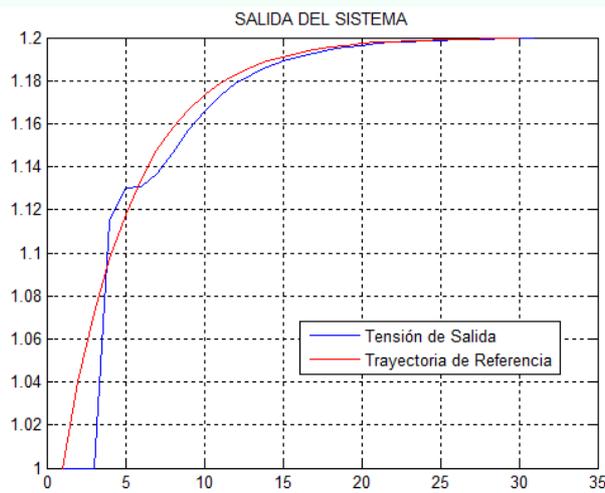
ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 LÁMPARA HID - MH
- 3 BALASTO ELECTRÓNICO
- 4 CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5 PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6 CONCLUSIONES

CONTROLADOR DEL SISTEMA

SIMULACIÓN DEL CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO

■ $Sp=1.20$



ANÁLISIS DEL CONTROLADOR DEL SISTEMA

Perturbación: Step Voltaje 5 Voltios

Estabilización de la Potencia de la Lámpara HID - MH en 250 Vatios

Step en Potencia de menos 8.95 Vatios

ANÁLISIS DEL CONTROLADOR DEL SISTEMA

Perturbación: Step Voltaje 5 Voltios

Estabilización de la Potencia de la Lámpara HID - MH en 250 Vatios

Step en Potencia de menos 8.95 Vatios

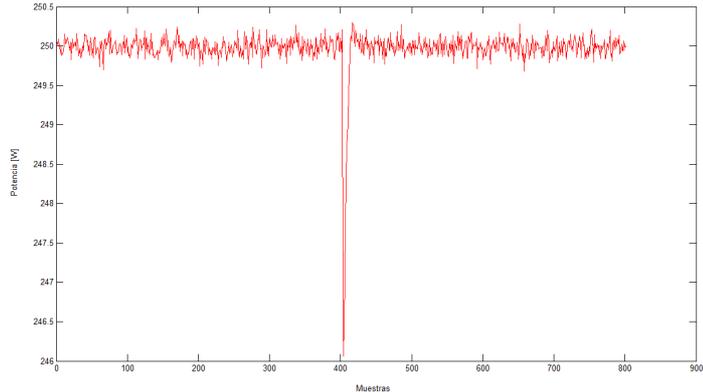
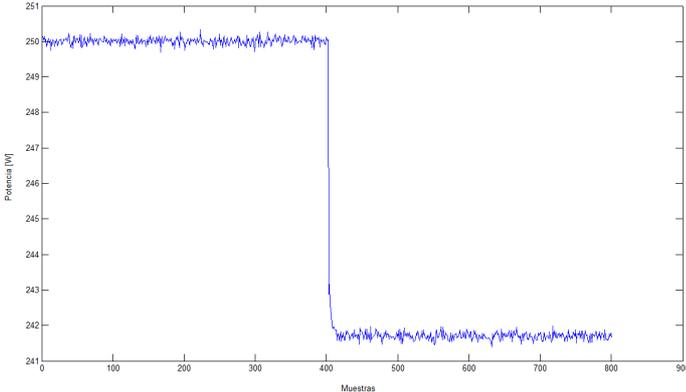
ANÁLISIS DEL CONTROLADOR DEL SISTEMA

Perturbación: Step Voltaje 5 Voltios

Estabilización de la Potencia de la Lámpara HID - MH en 250 Vatios

Step en Potencia de menos 8.95 Vatios

PLANTA SIN CONTROL VS PLANTA CON CONTROL



ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 LÁMPARA HID - MH
- 3 BALASTO ELECTRÓNICO
- 4 CONTROL ADAPTATIVO - PREDICTIVO
 - Identificación
 - Control
- 5 PRUEBAS DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS
 - Modelo Matemático del Sistema Balasto - Lámpara
 - Controlador del Sistema
- 6 CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- El correcto funcionamiento del control adaptativo - predictivo establece una ley de control que se ajusta a los parámetros del sistema identificado mediante el algoritmo de mínimos cuadrados ARX.
- El sistema balasto – lámpara ha sido identificado paramétricamente y en línea alcanzando un porcentaje de identificación 89.59% con el algoritmo MMCARX para una planta de primer orden.
- El control adaptativo – predictivo implementado permitió maximizar la eficiencia del sistema independientemente del desgaste de los elementos del circuito.

CONCLUSIONES

- El correcto funcionamiento del control adaptativo - predictivo establece una ley de control que se ajusta a los parámetros del sistema identificado mediante el algoritmo de mínimos cuadrados ARX.
- El sistema balasto – lámpara ha sido identificado paramétricamente y en línea alcanzando un porcentaje de identificación 89.59% con el algoritmo MMCARX para una planta de primer orden.
- El control adaptativo – predictivo implementado permitió maximizar la eficiencia del sistema independientemente del desgaste de los elementos del circuito.

CONCLUSIONES

- El correcto funcionamiento del control adaptativo - predictivo establece una ley de control que se ajusta a los parámetros del sistema identificado mediante el algoritmo de mínimos cuadrados ARX.
- El sistema balasto – lámpara ha sido identificado paramétricamente y en línea alcanzando un porcentaje de identificación 89.59% con el algoritmo MMCARX para una planta de primer orden.
- El control adaptativo – predictivo implementado permitió maximizar la eficiencia del sistema independientemente del desgaste de los elementos del circuito.

CONCLUSIONES

- El correcto funcionamiento del control adaptativo - predictivo establece una ley de control que se ajusta a los parámetros del sistema identificado mediante el algoritmo de mínimos cuadrados ARX.
- El sistema balasto – lámpara ha sido identificado paramétricamente y en línea alcanzando un porcentaje de identificación 89.59% con el algoritmo MMCARX para una planta de primer orden.
- El control adaptativo – predictivo implementado permitió maximizar la eficiencia del sistema independientemente del desgaste de los elementos del circuito.

CONCLUSIONES

- La acción de control aplicada realiza una corrección inmediata ante la presencia de perturbaciones, la misma que hace una compensación de ciclo de trabajo evitando la presencia de flicker al mantener la potencia en la lámpara.
- El circuito de sensado de tensión implementado en el hardware del balasto presenta una mínima influencia electromagnética al momento de leer la tensión que permite tener un porcentaje de identificación del 80%.
- El desgaste físico de la lámpara HID – MH es menor cuando se aplica una técnica de control, ya que esta evita que el plasma toque las paredes de la ampolla que lo contiene.

CONCLUSIONES

- La acción de control aplicada realiza una corrección inmediata ante la presencia de perturbaciones, la misma que hace una compensación de ciclo de trabajo evitando la presencia de flicker al mantener la potencia en la lámpara.
- El circuito de sensado de tensión implementado en el hardware del balasto presenta una mínima influencia electromagnética al momento de leer la tensión que permite tener un porcentaje de identificación del 80%.
- El desgaste físico de la lámpara HID – MH es menor cuando se aplica una técnica de control, ya que esta evita que el plasma toque las paredes de la ampolla que lo contiene.

CONCLUSIONES

- La acción de control aplicada realiza una corrección inmediata ante la presencia de perturbaciones, la misma que hace una compensación de ciclo de trabajo evitando la presencia de flicker al mantener la potencia en la lámpara.
- El circuito de sensado de tensión implementado en el hardware del balasto presenta una mínima influencia electromagnética al momento de leer la tensión que permite tener un porcentaje de identificación del 80%.
- El desgaste físico de la lámpara HID – MH es menor cuando se aplica una técnica de control, ya que esta evita que el plasma toque las paredes de la ampolla que lo contiene.

CONCLUSIONES

- La acción de control aplicada realiza una corrección inmediata ante la presencia de perturbaciones, la misma que hace una compensación de ciclo de trabajo evitando la presencia de flicker al mantener la potencia en la lámpara.
- El circuito de sensado de tensión implementado en el hardware del balasto presenta una mínima influencia electromagnética al momento de leer la tensión que permite tener un porcentaje de identificación del 80%.
- El desgaste físico de la lámpara HID – MH es menor cuando se aplica una técnica de control, ya que esta evita que el plasma toque las paredes de la ampolla que lo contiene.

Gracias por la Atención