

Victor Manuel Leiva Requene

Ing. Computación

Capítulo 10: Diseño de sistemas de control en el espacio de estados

10-1. Introducción

Este capítulo introduce los métodos de diseño de sistemas de control en el espacio de estados, basados principalmente en los métodos de asignación de polos y del regulador óptimo cuadrático. La asignación de polos, similar al método del lugar de las raíces, permite posicionar los polos del sistema en lazo cerrado en lugares específicos deseados. La principal diferencia radica en que, mientras el lugar de las raíces sitúa solo los polos dominantes, la asignación de polos posiciona todos los polos del sistema.

El capítulo se estructura comenzando con los fundamentos de la asignación de polos para sistemas reguladores. Posteriormente, se exploran los observadores de estado y su uso en el diseño de sistemas reguladores y de control. Además, se presenta el diseño de sistemas reguladores óptimos cuadráticos y una introducción a los sistemas de control robusto, proporcionando una comprensión completa del diseño de control moderno en el espacio de estados .

10-2. Asignación de polos

La asignación de polos es una técnica crucial en el diseño de sistemas de control. Permite que los ingenieros coloquen los polos de un sistema en lazo cerrado en ubicaciones específicas para cumplir con ciertos criterios de desempeño. Este método requiere primero determinar las condiciones necesarias y suficientes para una asignación arbitraria de los polos. Una vez establecidas estas condiciones, se pueden derivar las ecuaciones para calcular la matriz de ganancias de la realimentación del estado, conocida como K .

Este enfoque proporciona una herramienta poderosa para diseñar sistemas de control con un comportamiento dinámico deseado. Además de su aplicación en sistemas lineales, la asignación de polos se extiende a sistemas con múltiples entradas y salidas, facilitando el control de sistemas complejos. El capítulo detalla este proceso y ofrece ejemplos prácticos para ilustrar su implementación efectiva .

10-3. Solución de problemas de asignación de polos con MATLAB

MATLAB es una herramienta invaluable para resolver problemas de asignación de polos debido a su capacidad de manejar cálculos complejos de manera eficiente. Este software permite a los ingenieros implementar algoritmos de asignación de polos y simular el comportamiento del sistema en lazo cerrado. La integración de MATLAB en el proceso de diseño facilita la validación y el ajuste de los parámetros del sistema en tiempo real.

El capítulo incluye ejemplos detallados de cómo utilizar MATLAB para resolver problemas específicos de asignación de polos. Estos ejemplos muestran cómo ingresar las ecuaciones del sistema, calcular la matriz de ganancias K y verificar la estabilidad y desempeño del sistema resultante. El uso de MATLAB no solo acelera el proceso de diseño sino que también mejora la precisión de los resultados obtenidos .

10-4. Diseño de servosistemas

El diseño de servosistemas es fundamental en aplicaciones donde se requiere un control preciso de la posición o velocidad. Utilizando la técnica de asignación de polos, es posible diseñar servosistemas que respondan de manera eficiente a las entradas de referencia y rechacen perturbaciones externas. Este enfoque asegura que el sistema siga fielmente las señales deseadas con una mínima desviación.

El capítulo proporciona una guía detallada sobre cómo aplicar la asignación de polos en el diseño de servosistemas. Incluye la formulación de las ecuaciones de estado, la selección de los polos deseados y el cálculo de la matriz de ganancias de realimentación. Además, se presentan ejemplos prácticos que ilustran la aplicación de estas técnicas en situaciones del mundo real, demostrando cómo lograr un desempeño óptimo en servosistemas .

10-5. Observadores de estado

Los observadores de estado son componentes cruciales en sistemas de control que no permiten medir todas las variables de estado directamente. Un observador de estado estima los valores de estas variables utilizando las salidas medidas del sistema y un modelo matemático del mismo. Este proceso es esencial para implementar la realimentación del estado en sistemas donde algunas variables de estado no son accesibles.

El capítulo explora tanto los observadores de estado de orden completo como los de orden mínimo. Se describen los métodos para diseñar estos

observadores y las ecuaciones necesarias para su implementación. Además, se discute cómo integrar los observadores en el diseño de sistemas de control, proporcionando una visión integral de su papel en la mejora del desempeño del sistema .

10-6. Diseño de sistemas reguladores con observadores

Integrar observadores de estado en el diseño de sistemas reguladores permite a los ingenieros controlar sistemas complejos con precisión. Esta técnica combina la estimación de estados con la realimentación del estado para mejorar la estabilidad y el desempeño del sistema. El capítulo describe el proceso de diseño de estos sistemas, desde la formulación de las ecuaciones de estado hasta la implementación del observador y la realimentación.

Los ejemplos prácticos incluidos en esta sección muestran cómo diseñar sistemas reguladores que pueden mantener la estabilidad y seguir referencias deseadas incluso en presencia de perturbaciones. Estos ejemplos destacan la importancia de los observadores en situaciones donde no todas las variables de estado son medibles, demostrando su eficacia en el control de sistemas reales .

10-7. Diseño de sistemas de control con observadores

El diseño de sistemas de control utilizando observadores de estado es una extensión natural del diseño de sistemas reguladores. Esta técnica se aplica en situaciones donde es necesario controlar el comportamiento dinámico del sistema mientras se maneja la estimación de estados no medibles. El capítulo proporciona una guía detallada para implementar esta técnica, desde la selección de los polos del observador hasta la integración con la realimentación del estado.

Esta sección también aborda las consideraciones prácticas y las posibles dificultades en la implementación de sistemas de control con observadores. Los ejemplos prácticos y las simulaciones con MATLAB demuestran cómo diseñar sistemas robustos y eficientes, capaces de operar bajo condiciones variadas y responder adecuadamente a las perturbaciones .

10-8. Sistema regulador óptimo cuadrático

El sistema regulador óptimo cuadrático (LQR) es un enfoque avanzado en el diseño de sistemas de control que busca minimizar un índice de desempeño definido, típicamente una combinación ponderada de las variables de estado y las señales de control. Este método proporciona una solución óptima que equilibra el rendimiento del sistema y el esfuerzo de control.

El capítulo describe el procedimiento para formular y resolver el problema de LQR, incluyendo la derivación de la matriz de ganancias de realimentación del estado. Se discuten las ventajas de este método, como su capacidad para manejar sistemas con múltiples entradas y salidas y su robustez frente a variaciones en los parámetros del sistema. Ejemplos prácticos ilustran cómo aplicar el diseño LQR en situaciones reales, destacando su efectividad en la optimización del desempeño del sistema .

10-9. Sistemas de control robusto

Los sistemas de control robusto están diseñados para mantener el desempeño deseado frente a incertidumbres y variaciones en los parámetros del sistema. Este enfoque es esencial en aplicaciones donde las condiciones operativas pueden cambiar y los modelos del sistema pueden no ser perfectamente precisos. El capítulo introduce los principios básicos del control robusto y sus técnicas de diseño.

Se presentan métodos como el diseño H-infinito y el análisis de sensibilidad, que ayudan a diseñar sistemas que pueden tolerar incertidumbres y perturbaciones. Los ejemplos prácticos demuestran cómo aplicar estas técnicas para desarrollar sistemas robustos que mantengan su estabilidad y desempeño en condiciones adversas. Este enfoque asegura que los sistemas de control sean fiables y eficientes en una amplia gama de escenarios operativos .