

Título de la Tesis: "Diseño de controladores robustos para sistemas multivariables"

Doctorado en Control de Sistemas

Autor: Agamennoni, Osvaldo

Directores: Ing. Alfredo Desages - Dr. José Romagnoli

Resumen

La descomposición en valores singulares (DVS) ha posibilitado el desarrollo de toda una nueva generación de técnicas de análisis y diseño de sistema de control multivariables. La gran ventaja de la misma la constituye el hecho de brindar una medida de la distancia de una matriz a la singularidad. Además, la DVS permite evaluar las ganancias en juego en un sistema multivariable, lo cual es de suma importancia para el estudio de aspectos concernientes a la performance del mismo. Luego, con la DVS se posibilita el manejo de los dos aspectos siempre conflictivos en un sistema de control: estabilidad y performance.

La DVS posibilitó el desarrollo de lo que se conoce como teoría de control robusto. Si se puede asegurar que el modelo verdadero o real de un sistema se encuentra acotado o restringido a una dada familia de posibles sistemas, la teoría de control robusto posibilita, para algunos casos, el desarrollo de condiciones de estabilidad y performance para todos los posibles sistemas de la familia. Surge así el concepto de incertidumbre. Todo modelo de un sistema físico está siempre afectado por incertidumbres. Las mismas pueden deberse a muy diversas causas, pero en general la evaluación de tales incertidumbres no es una tarea sencilla.

En la actualidad se han desarrollado una serie de técnicas basadas en la representación en variables de estado que resuelven una gran diversidad de problemas del control robusto. Dichas técnicas no pueden aplicarse a sistemas con retardos considerables (comparables a las constantes de tiempo) ya que la aproximación de los retardos con funciones racionales puede introducir un error excesivo. Dichos errores pueden conducir a conclusiones equivocadas o controladores que no funcionan apropiadamente. Para

Título de la Tesis: "Diseño de controladores robustos para sistemas multivariables"

Doctorado en Control de Sistemas

Autor: Agamennoni, Osvaldo

Directores: Ing. Alfredo Desages - Dr. José Romagnoli

equivocadas o controladores que no funcionan apropiadamente. Para sistemas con retardos considerables la representación en el dominio frecuencia resulta ser la más apropiada. Uno de los principales problemas que se presenta en los sistemas con retardos es la factorización de los mismos. La teoría de control por modelo interno (IMC) brinda una expresión del controlador en función de la parte invertible de la misma. Para ello se recurre a una factorización conocida como interna-externa. La misma factoriza a la planta en una matriz pasa todos y una de fase mínima. Para el caso de sistemas multivariables, la evaluación de dicha factorización utiliza un algoritmo que recurre a la resolución de una ecuación de Ricatti. Tal técnica de factorización está restringida a sistemas de dimensión finita. Luego, en el caso de trabajar con sistemas de dimensión infinita debe recurrirse a aproximaciones.

Es por ello que en la presente tesis se ha puesto especial énfasis en el desarrollo de una metodología de diseño de controladores para sistemas MIMO con retardos trabajando íntegramente en el dominio frecuencia. De tal manera se preserva toda la información del sistema sin ninguna pérdida debida a una aproximación de un retardo. Establecemos la formulación de un controlador ideal con toda la información del proceso y de los objetivos de performance. Dejamos la pérdida de información para el final, es decir la aproximación del controlador en una estructura dada. Pero por estar al final resulta mucho más manejable.

Título de la Tesis: "Diseño de controladores robustos para sistemas multivariables"

Doctorado en Control de Sistemas

Autor: Agamennoni, Osvaldo

Directores: Ing. Alfredo Desages - Dr. José Romagnoli

Brindaremos a continuación una breve descripción del contenido de cada uno de los capítulos que conforman la presente tesis.

En el capítulo 1 brindamos una somera introducción al problema de control de un sistema multivariable. También realizamos un análisis cualitativo de las ventajas de la utilización de la descomposición en valores singulares.

En el capítulo 2 introducimos las bases matemáticas de la metodología de diseño. Primeramente repasamos los fundamentos de autovalores, valores singulares y normas matriciales. Luego desarrollamos algunos teoremas acerca de la distancia de una matriz a la singularidad y de como introducir una perturbación en la misma con el fin de gobernar dicha distancia. Posteriormente estudiamos las relaciones integrales entre las partes real e imaginaria de una función de transferencia. Con las mismas elaboramos un método sencillo de estimación de los modos dominantes de una clase particular de funciones irracionales.

En el capítulo 3 brindamos una somera clasificación y descripción de las distintas alternativas de caracterización de las incertidumbres paramétricas y frecuenciales. Estudiamos en el mismo los tres pasos involucrados en la caracterización de las incertidumbres, esto es, la definición del modelo, la evaluación y la validación del mismo. Presentamos, además, un método de caracterización basado en las funciones ortogonales de Laguerre.

En el capítulo 4 repasamos los conceptos de estabilidad y performance tanto para el sistema nominal como para el sistema perturbado. En todo el desarrollo nos concentramos fundamentalmente en el estudio de estabilidad y performance ante incertidumbres no estructuradas (Norma de la matriz de error) y

Título de la Tesis: "Diseño de controladores robustos para sistemas multivariables"

Doctorado en Control de Sistemas

Autor: Agamennoni, Osvaldo

Directores: Ing. Alfredo Desages - Dr. José Romagnoli

estructuradas (módulo del error elemento a elemento). También presentamos un algoritmo de evaluación de la estabilidad robusta para sistemas cuya incertidumbre está caracterizada en base a las funciones ortogonales de Laguerre.

En el capítulo 5 presentamos, primeramente, las bases de la metodología de diseño de controladores para sistemas multivariables. Luego elaboramos algunas estructuras de soporte para la implementación de la misma (Rechazo de perturbaciones, introducción de especificaciones, aproximación de los controladores, etc.). Posteriormente realizamos un estudio cualitativo de la misma ante perturbaciones no estructuradas tanto en el sistema como en el controlador, con el objeto de brindar una idea conceptual de los efectos de las mismas. Finalmente presentamos dos ejemplos de aplicación.

En el capítulo 6 presentamos una extensión de la metodología con el fin de ajustar el margen de estabilidad tanto para sistemas afectados con perturbaciones no estructuradas como estructuradas. Desarrollamos el algoritmo para el tratamiento de sistemas con incertidumbres aditivas. Finalmente presentamos un ejemplo de aplicación.

En el capítulo 7 presentamos la extensión al tratamiento de sistemas multivariables con retardos. Mostramos, en el presente contexto, los problemas de estabilidad del predictor de Smith. Definimos y evaluamos el operador BCID que mide la Banda de frecuencia donde la Contribución debida a modos Inestables es Despreciable. Presentamos un algoritmo de evaluación de los retardos de compensación basado en la utilización del operador BCID. Estudiamos la estabilidad del sistema nominal y del perturbado. Finalmente presentamos dos ejemplos de aplicación.

Título de la Tesis: “Diseño de controladores robustos para sistemas multivariables”

Doctorado en Control de Sistemas

Autor: Agamennoni, Osvaldo

Directores: Ing. Alfredo Desages - Dr. José Romagnoli

Por último, en el capítulo 8 resumimos las principales contribuciones y discutimos algunas ideas que pueden desarrollarse a partir de las elaboradas en la presente tesis.