

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA



Control de procesos termodinámicos irreversibles utilizando sistemas
puerto-Hamiltonianos definidos en estructuras de pseudo Poisson y de
contacto

Control of irreversible thermodynamic processes using port-Hamiltonian
systems defined on pseudo Poisson and contact structures

Héctor Miguel Ramírez Estay

CONCEPCIÓN – CHILE
ABRIL 2012

Abstract

En esta tesis doctoral se presentan resultados sobre el empleo de sistemas puerto Hamiltonianos y de sistemas de contacto controlados para la modelización y el control de procesos termodinámicos irreversibles. En primer lugar se ha definido una clase de pseudo sistema puerto Hamiltoniano, nombrado sistema puerto Hamiltoniano irreversible, que permite representar simultáneamente el primer y el segundo principio de la termodinámica y que incluye modelos de intercambiadores térmicos y reactores químicos. Estos sistemas han sido declarados sobre el espacio de fases termodinámicas provistos de una forma de contacto, definiendo así una clase de sistema de contacto controlado, es decir, de sistema controlado no lineal definido por un campo vectorial de contacto estricto. En segundo lugar se ha mostrado que solo una realimentación de estado constante conserva la forma de contacto y se ha resuelto el problema de asignación de una forma de contacto en lazo cerrado. Esto ha llevado a la definición de sistema de contacto de entrada-salida y al análisis de su equivalencia por realimentación de estado. En tercer lugar se ha mostrado que los campos vectoriales de contacto no son en general estables en sus ceros, y por lo tanto se ha tratado el problema de la estabilización sobre una subvariedad de Legendre en lazo cerrado.

Palabras claves: Sistema puerto Hamiltoniano, sistema de contacto, termodinámica irreversible, control no lineal

This doctoral thesis presents results on the use of port Hamiltonian systems (PHS) and controlled contact systems for modelling and control of irreversible thermodynamic processes. Firstly, Irreversible PHS (IPHS) has been defined as a class of pseudo-port Hamiltonian system that expresses the first and second principle of Thermodynamics and encompasses models of heat exchangers and chemical reactors. These IPHS have been lifted to the complete Thermodynamic Phase Space endowed with a natural contact structure, thereby defining a class of controlled contact systems, i.e. nonlinear control systems defined by strict contact vector fields. Secondly, it has been shown that only a constant control preserves the canonical contact structure, hence a structure preserving feedback necessarily shapes the closed-loop contact form. The conditions for state feedbacks shaping the contact form have been characterized and have led to the definition of input-output contact systems. Thirdly, it has been shown that strict contact vector fields are in general unstable at their zeros, hence the condition for the stability in closed-loop has been characterized as stabilization on some closed-loop invariant Legendre submanifolds.

Keywords: Port Hamiltonian system, contact system, irreversible thermodynamics, nonlinear control.