

## Abstract

In this work, design and validation techniques of two soft sensors for the estimation of the motorcycle vertical dynamic have been proposed. The aim of this work is to develop soft sensors able to predict the rear and front stroke of a motorcycle suspension. This kind of information are typically used in the control loop of semi-active or active suspension systems. Replacing the hard sensor with a soft sensor, enable to reduce cost and improve reliability of the system. An analysis of the motorcycle physical model has been carried out to analyze the correlation existing among motorcycle vertical dynamic quantities in order to determine which of them are necessary for the development of a suspension stroke soft sensor. More in details, a first soft sensor for the rear stroke has been developed using a Nonlinear Auto-Regressive with eXogenous inputs (NARX) neural network. A second soft sensor for the front suspension stroke velocity has been designed using two different techniques based respectively on Digital filtering and NARX neural network. As an example of application, an Instrument Fault Detection (IFD) scheme, based on the rear stroke soft sensor, has been shown. Experimental results have demonstrated the good reliability and promptness of the scheme in detecting different typologies of faults as losing calibration faults, hold-faults, and open/short circuit faults thanks to the soft sensor developed. Finally, the scheme has been successfully implemented and tested on an ARM microcontroller, to confirm the feasibility of a real-time implementation on actual processing units used in such context.

In questo lavoro di tesi sono state proposte differenti tecniche di progettazione e validazione per “soft sensors” in grado di stimare la dinamica verticale di un motoveicolo. Nello specifico l’attenzione è stata rivolta allo sviluppo di soft sensors per la stima della corsa posteriore e anteriore di una sospensione motociclistica. Questo tipo di informazioni sono tipicamente utilizzate dalla strategia di controllo nei sistemi di sospensioni semi-attivi o attivi. Sostituendo il sensore fisico con un soft sensor, è possibile ridurre i costi e migliorare l’affidabilità del sistema globale. In primo luogo, è stata effettuata una profonda analisi del modello fisico del motociclo per verificare l’eventuale presenza di correlazioni esistenti tra le grandezze in gioco al fine di determinare quali di esse sono necessarie per lo sviluppo di un soft sensor in grado di stimare la corsa di una sospensione. Più in dettaglio, è stato sviluppato un primo soft sensor in grado di stimare la corsa posteriore utilizzando un sistema basato su reti neurali (NARX). Un secondo soft sensor in grado di stimare la velocità della corsa della sospensione anteriore è stato progettato utilizzando due diverse tecniche basate rispettivamente su di uno schema di filtraggio digitale e su rete neurale NARX. Con lo scopo di verificare la validità dei soft sensors realizzati è stato sviluppato, infine, uno schema per il rilevamento dei guasti (IFD). I risultati sperimentali hanno dimostrato la buona affidabilità e la tempestività dello schema nel rilevamento di diverse tipologie di guasti, come la scalibrazione, i guasti da hold ed i circuiti aperti/cortocircuiti. Infine, lo schema IFD sviluppato è stato implementato e testato con successo su di un microcontrollore ARM, per confermare la fattibilità di un’implementazione in tempo reale su unità di elaborazione tipicamente utilizzata in tale contesto.