



Unione Europea



*Ministero dell'Istruzione,
dell'Università e della Ricerca*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Dottorato di Ricerca in

INGEGNERIA MECCANICA

X Ciclo N.S. (2008-2011)

**Controllo delle Vibrazioni
mediante l'uso di PAC
(Programmable Automation Controller)**

Fabio Nilveti

Il Tutor

Ch.mo Prof.

Michele Pappalardo

Il Coordinatore

Ch.mo Prof.

Vincenzo Sergi

Sommario

Con l'espressione 'Vibration Control' si intende l'insieme delle tecniche e dei dispositivi che consentono di mitigare in modo rapido, affidabile e preciso le vibrazioni di macchine o strutture, dovute al loro stesso funzionamento o a causa di forze esterne. Nella realizzazione dei sistemi di controllo delle vibrazioni assumono oggi primaria rilevanza sul piano tecnico ed economico l'hardware impiegato. Attuatori elettrici e oleodinamici, dispositivi passivi, sensori, convertitori elettronici e unità di controllo rappresentano una parte fondamentale di tali sistemi e ne influenzano largamente le prestazioni. Il contributo del singolo componente alle prestazioni complessive del controllo è tuttavia valutato compiutamente solo se ci si pone in un'ottica di sistema, nella quale le mutue interazioni tra componenti elettronici, parti meccaniche e algoritmi di controllo trovano la loro corretta sintesi.

Nei sistemi di controllo delle vibrazioni, è decisiva la scelta del 'controller'. Si preferisce usare sistemi basati su 'PC', specie quando le leggi di controllo sono complesse e quando le condizioni di impiego sono mutevoli. I principali limiti dei software di misura e controllo sviluppati con pc risiedono nei sistemi operativi general-purpose, installati a bordo dei pc comuni, che non sono in grado di offrire stabilità e sicurezza di funzionamento, a livelli sufficientemente alti, per sistemi di controllo reali e nel livello di robustezza fisica fornito dai componenti presenti nei pc che non rendono tali sistemi adatti all'uso prolungato in condizioni ambientali spesso difficili. Inoltre, i pc presentano una scarsa precisione temporale (determinismo) e una bassa velocità di esecuzione.

Soluzioni più robuste ma molto meno flessibili si basano su DSP e circuiti stampati o al massimo su PLC, sistemi questi dotati di funzionalità limitate e caratterizzati da linguaggi di programmazione dedicati e di basso livello. In più, tali sistemi risultano limitatamente integrabili con altri dispositivi hardware ed in un sistema informatico.

Solitamente si preferisce utilizzare PLC (o sistemi simili) per la parte di

acquisizione dati e controllo e si demanda ai pc l'elaborazione, l'analisi e la presentazione dei risultati.

Scopo del presente lavoro è stato appunto quello di sviluppare un sistema di controllo delle vibrazioni che coniughi le diverse esigenze di precisione, determinismo e elevata velocità di servo-aggiornamento, tipiche di un circuito stampato, alle esigenze di flessibilità ed economicità, tipiche delle soluzioni basate su DSP, e alle elevate capacità di calcolo tipiche di un pc. Per far ciò il ruolo di controller è affidato ad un dispositivo PAC (Programmable Automation Controller) basato su tecnologia FPGA (Field Programmable Gate Array) che consente di codificare, in modo rapido, le funzionalità richieste al controllo su un dispositivo programmabile di tipo hardware e per questo dalle prestazioni paragonabili a quelle di un circuito stampato.

L'apparato sperimentale su cui si è testato il controller e le leggi di controllo è costituito da una telaio piano di tipo 'shear-type' composto da sei travi in acciaio armonico disposte verticalmente e da tre elementi orizzontali rigidi di interconnessione. Per quanto riguarda l'attuatore del sistema di controllo si è optato per un servomotore brushless. Un preliminare lavoro di modellazione, eseguito con varie tecniche, è stato necessario al fine di regolare i parametri del sistema e delle leggi di controllo. A partire dal modello matematico del sistema da controllare è stata effettuata la sintesi del controllo delle vibrazioni.

In conclusione del lavoro di tesi sono mostrati e discussi i risultati sperimentali ottenuti.

Abstract

With the expression ‘Vibration Control’ refers to the set of techniques and devices that let you mitigate quickly, reliably and accurately the vibrations of machines or structures, due to themselves operation or due to external forces. In the implementation of vibration control systems today assume primary importance, in the technical and economic terms, the hardware used. Electrical and hydraulic actuators, passive devices, sensors, electronic converters and control units are a fundamental part of these systems and they greatly affects on the performance.

In systems of vibration control, is decisive the choice of the controller. It’s prefer to use systems based on PCs, especially when the control laws are complex and when the conditions of employment are mutable. The main limitations of the measurement software and control, developed with PCs, residing in the general-purpose operating system, installed on board of the common PCs, which are not able to provide stability and security of operation, at sufficiently high levels, for real control systems and in the level of physical hardiness provided by the components in PCs that do not make these systems suitable for extended use in difficult environmental conditions often. In addition, the PCs have poor temporal precision (determinism) and a low speed.

More robust solutions, but much less flexible, based on DSP and printed circuit or a maximum on PLC. These systems have limited functionality and are characterized by dedicated programming languages and low-level. In addition, these systems are not very integrable with other hardware devices and in a IT system.

It’s usually prefer to use PLCs (or similar) for the data acquisition and control and the PCs for processing, analysis and presentation of results.

The purpose of this work was to develop a system of vibration control which combines the various requirements of precision, determinism and high-speed servo-update, typical of a printed circuit board, the flexibility and economy,

typical of solutions based on DSP, and high computing power of a typical PC. To do this, the role of controller is assigned to a device (PAC programmable automation controller) based on technology FPGA (Field Programmable Gate Array) which allows to encode, quickly, the required functionalities to the control, on a programmable hardware device and for this with performance comparable to that of a printed circuit board.

The experimental apparatus on which it is tested the controller and the control law is composed of a flat frame consists of six steel beams harmonic disposed vertically and three rigid horizontal interconnection elements. As regards the actuator of the control system has been chosen a brushless servomotor. A preliminary modelling work, performed with various techniques, it has been necessary in order to adjust the parameters of the system and control law. Starting from the mathematical model of the system to be controlled was performed the synthesis of the vibration control system.

In conclusion of the thesis are shown and discussed the experimental results obtained.