



Master in Ricerca Industriale

I PROJECT WORK DELLA IV EDIZIONE



*Ministero dell'Istruzione
dell'Università e Ricerca*

Il **Master in Ricerca Industriale** è realizzato con il contributo del MIUR nell'ambito del bando Laboratorio pubblico-privato DM 197252 (art.12/lab 3 DM 593/00)

Il Master e il project work



Il Master in Ricerca Industriale, riservato ogni anno a 15 laureati in ingegneria, è caratterizzato da un percorso formativo altamente qualificato e professionalizzante che prevede un'efficace alternanza tra attività desk, con una serie di moduli e insegnamenti inerenti l'ambito della meccatronica avanzata, e un periodo di project work durante il quale i masterandi contribuiscono in maniera attiva allo sviluppo di progetti industriali particolarmente impegnativi e dall'elevato contenuto innovativo e interdisciplinare.

È proprio durante questo periodo che, attraverso la pratica, vengono affinate le competenze e il know-how acquisiti nella fase didattica. Durante tutta la fase di project work infatti, l'allievo, affiancato e supportato da un tutor personale collabora con un team composto da Ricercatori Industriali allo sviluppo di un progetto che ha come obiettivo finale la realizzazione di un prodotto, componente o soluzione meccatronica dalle elevate performance che verrà immesso nel mercato internazionale dell'automazione e della robotica.

Grazie a quest'approccio fondato sulla combinazione tra una didattica capace di fornire strumenti e tools di Ricerca Industriale e l'applicazione pratica di questi all'interno dei project work, il Master forma Ricercatori Industriali capaci di apportare significativi contributi di alto valore scientifico non solo al mondo della Ricerca pubblico, ma anche a quello industriale e produttivo all'interno del mercato globale.



La raccolta

Questa raccolta è la testimonianza dell'orientamento e della filosofia che anima da sempre il Master in Ricerca Industriale e che lo ha reso un centro di eccellenza nel panorama italiano ed europeo della formazione post-laurea.

In queste pagine sono contenuti gli estratti delle relazioni sui lavori svolti dai masterandi. Nello specifico i project work ai quali hanno lavorato i partecipanti alla IV edizione del Master presentano tematiche particolarmente complesse che percorrono in maniera trasversale l'ambito della meccatronica e in particolar modo le sue applicazioni nella robotica e nell'automazione industriale.

Più specificatamente, i project work dell'ultima edizione hanno riguardato:

- **Lo sviluppo di piattaforma di controllo aperte per sistemi di produzione e relative applicazioni.** In particolare il contributo dei Masterandi è stato incentrato sullo sviluppo di alcuni componenti e sull'applicazione degli stessi o dell'intera piattaforma a casi d'uso in ambito industriale;



- **Il Monitoraggio, la misura e il controllo oscillazioni e vibrazioni di Robot e Macchine Utensili.** Il contributo dei partecipanti al master è stato focalizzato sulla modellazione e simulazione meccatronica con riferimento a casi pratici di processi di lavorazione o applicazioni su manipolatori antropomorfi.

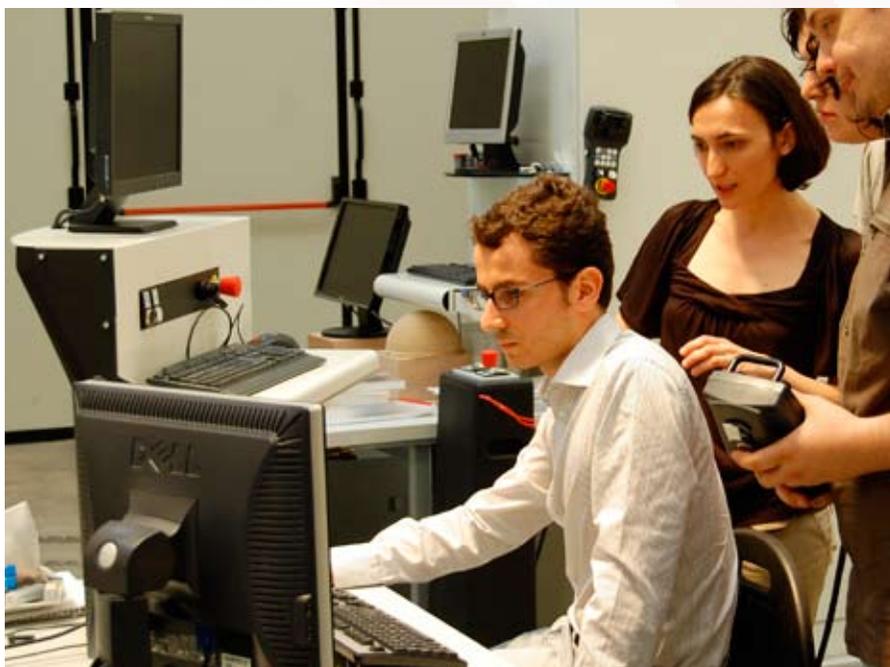
- **La Robotica mobile**

- **I Sistemi pneumatici miniaturizzati.** In particolare le attività di stage sono state focalizzate sull'attività di modellazione fluidodinamica per poi verificare la correttezza delle simulazioni nel campo della progettazione fluidodinamica.

- **L'Ottimizzazione di parametri di processo.** Lo stage è stato incentrato sullo studio di metodologie innovative per l'ottimizzazione dei parametri di un particolare processo produttivo.

- **L'Ingegnerizzazione di sistemi di misura di grandezze cinematiche**

Ogni relazione è introdotta da un breve curriculum dell'allievo con l'indicazione dell'area tematica all'interno della quale il project work si è inserito.



IV EDIZIONE

L'aula della IV edizione del Master in Ricerca Industriale 2008-2009 è stata composta da:

Anna Bellisario <i>"Il controllo Logico Programmabile"</i>	7
Beatrice Basile <i>"Ingegneria di prodotto"</i>	9
Chiara Luciano <i>"Controllo vibrazioni"</i>	11
Domenico Rizzi <i>"Controllo vibrazione durante il processo di taglio"</i>	13
Francesco Pace <i>"Sistemi pneumatici miniaturizzati"</i>	15
Giovanna Paola De Vanna <i>"Controllo Oscillazioni"</i>	17
Giuseppe Franchino <i>"Controllo vibrazione durante il processo di taglio"</i>	19
Mario De Biase <i>"Controllo Vibrazioni"</i>	21
Michele Leone <i>"Generazione di traiettorie nelle macchine utensili"</i>	23
Paola Pareo <i>"Modelli mecatronici per il controllo oscillazioni"</i>	25
Paolo Carbonara*	
Simona Leo <i>"Assemblaggio robotizzato"</i>	27
Vincenzo Bonvino*	
Vitantonio Esperto <i>"Controllo Attivo delle vibrazion"</i>	29

* Non pubblicato perchè coperto da segreto industriale

Anna Bellisario si è occupata del progetto Orchestra Logic Programming che si colloca all'interno dello sviluppo della piattaforma Orchestra Control Engine: un insieme di strumenti software che offrono a system integrators e a produttori di controlli logico la libertà di creare le proprie soluzioni di controllo.

Il Controllore Logico Programmabile è uno dei componenti fondamentali nell'Automazione Industriale. I motivi principali del suo successo sono da ricercarsi nell'affidabilità e nella semplicità di programmazione eseguita principalmente mediante linguaggi di tipo grafico.



Laurea:

Ingegneria dell'Automazione
Università della Calabria

Titolo tesi:

First - Order plus time delay model
identification from step response:
an embedded true/false criterion

Project work:

Controllo
Logico Programmabile

Tutor:

Ing. F. Colasuonno

Il controllo Logico Programmabile: obiettivi e problematiche

La progettazione e lo sviluppo del software di controllo per PLC è un compito che presenta alcune problematiche dovute principalmente alla sua dipendenza dall'hardware del controllore da programmare, inoltre, la necessità di sviluppare linguaggi diversi dal semplice linguaggio a contatti (linguaggi grafici o testuali di alto livello) ha portato ad una ulteriore diversificazione tra i produttori e tra gli ambienti di sviluppo. Per favorire un punto di incontro tra i progettisti del controllo e i produttori di controllori industriali è stato introdotto uno standard che si propone di definire gli aspetti descrittivi e di programmazione dei dispositivi di controllo per l'Automazione Industriale: IEC 61131.

Orchestra Logic Programming è un ambiente di sviluppo softPLC atto a supportare l'utente nella realizzazione di programmi di logica discreta utilizzando due dei cinque linguaggi di programmazione previsti dallo standard IEC 61131-3. Ad oggi molti sono gli ambienti softPLC presenti sul mercato che permettono all'utilizzatore di sviluppare applicazioni mediante tutti i linguaggi previsti dalla norma;

Gli obiettivi strategici della presente dissertazione possono quindi essere sintetizzati come segue:

1. Estendere l'ambiente di sviluppo Logic Programming per la programmazione dei PLC inserendo il linguaggio grafico Function Block Diagram.
2. Acquisire e sperimentare soluzioni avanzate nelle tecniche di programmazione dei PLC.
3. Espandere il bacino degli utilizzatori dell'ambiente Logic Programming.

Le modalità operative utilizzate per il raggiungimento degli obiettivi su detti sono state tradotte nell'implementazione delle seguenti azioni:

A. Analisi dei requisiti dei moduli da realizzare:

- Editor per linguaggio FBD;
- Compilatore per il linguaggio FBD;
- Editor di testo C++;
- Gestione librerie;

B. Implementazione dei moduli ed integrazione nell'ambiente Logic Programming;

C. Test a livello software ed hardware dei moduli.

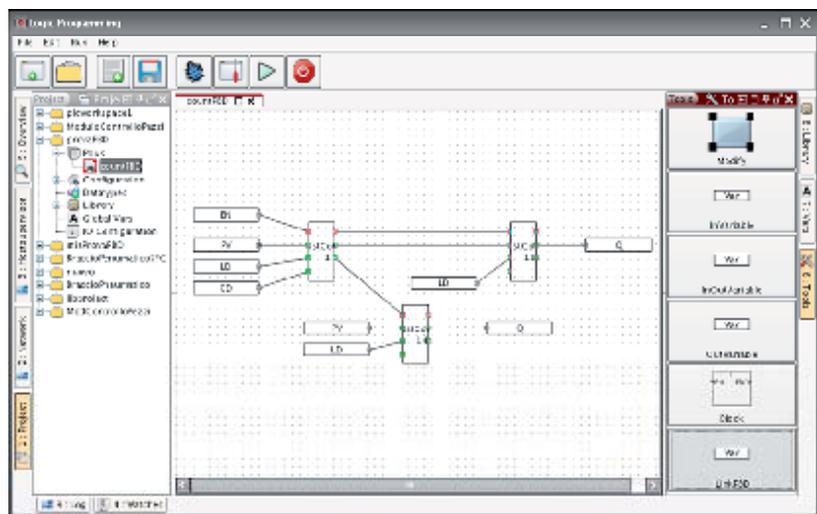


Fig.1 Struttura editor FBD

Il compilatore per FBD è stato scritto in C++; esso presenta come ingressi da elaborare un file "xsp" (per l'estrazione delle informazioni relative alle variabili di interfaccia) ed un file "xml" (per l'estrazione delle informazioni relative agli oggetti FBD utilizzati per scrivere il programma di interesse) e genera in output un file "cpp" contenente una mappatura delle informazioni di interesse. Tale compilatore deve quindi essere in grado di analizzare i due formati in maniera congruente all'editor e garantire la correttezza delle informazioni tradotte.

In ambito industriale gli ambienti di sviluppo softPLC sono molteplici; quasi tutti i produttori di controllori industriali offrono un proprio ambiente di sviluppo. Per entrare nel mercato dell'automazione ed essere competitivi non basta sviluppare un nuovo prodotto perfettamente conforme alla norma e che offra le stesse funzionalità dei più rinomati ambienti softPLC, bisogna portare innovazione, sperimentare soluzioni avanzate nelle tecniche di programmazione dei PLC ed estendere quindi il bacino degli utilizzatori del prodotto che si intende sviluppare. L'editor di testo C++ nasce come risposta a queste esigenze di innovazione. Esso consente di scrivere "programmi" (in termini tecnici POU) non solo mediante uno dei cinque linguaggi di programmazione dei PLC previsti dalla norma, bensì sfruttando il linguaggio ad alto livello C++. Allo stato attuale nessun ambiente di sviluppo per la programmazione dei PLC fornisce tale funzionalità. Le problematiche riscontrate sono relative alla necessità di fornire all'utente strumenti per facilitare lo sviluppo di POU in C++.

Presente nei più completi e funzionali ambienti di sviluppo è il modulo Gestione Librerie, ora disponibile anche nel Logic Programming, una delle funzionalità più utilizzate dagli utenti finali nello sviluppo delle proprie attività. Le problematiche maggiori riscontrate sono la necessità di garantire la consistenza nel caso di dipendenza di librerie.

I risultati

I risultati finali sono soddisfacenti: tutti gli obiettivi sono stati raggiunti.

Il modulo di editing e compilazione FBD sono stati completati e si sono potuti effettuare test di corretta traduzione, quindi portando a termine il corretto ciclo di sviluppo software. L'editor di testo C++ e la gestione librerie sono stati correttamente integrati. Questo costituisce un'utilissima caratteristica, sia come strumento per realizzare le librerie di base fornite con Orchestra Logic Programming, sia come punto di accesso per realizzare moduli che fanno uso di caratteristiche peculiari di Orchestra, che sarebbe impossibile utilizzare tramite POU scritte in altri linguaggi.

Nell'implementazione delle attività sono state riscontrate alcune problematiche.

Per quanto riguarda l'editor per il linguaggio FBD, bisogna tener conto dall'esigenza, da parte degli utilizzatori del Logic Programming, di poter sviluppare programmi ricorrendo all'utilizzo di un linguaggio grafico semplice ed intuitivo. Il Function Block Diagram è un formalismo molto efficace e descrittivo, l'algoritmo di controllo è definito tramite il flusso di segnali attraverso una rete di blocchi grafici interconnessi tra loro. Tali blocchi elaborano i segnali collegati ai loro parametri di ingresso e trasmettono i risultati dell'elaborazione attraverso i connettori connessi ai loro parametri di uscita. La strutturazione dei dati su cui si basa il modulo FBD per l'applicazione Logic Programming, deve essere progettata in modo da aderire allo schema XML proposto dal comitato PLCOpen; tale formato ha potenzialmente la capacità di aumentare la portabilità del software d'automazione.

Il secondo modulo sviluppato è il Compilatore per il linguaggio FBD. Il compilatore di un linguaggio è un programma che verifica la correttezza sintattica del programma sorgente, sulla base della sintassi del linguaggio e traduce il programma sorgente nel programma oggetto (sulla base della semantica del linguaggio), il quale potrà successivamente essere eseguito.

Ottimizzazione parametri di processo

Il Project Work

Masterando: **Beatrice Basile**

L'attività di Beatrice Basile si colloca all'interno di un contesto multi-disciplinare qual è l'INGEGNERIA DI PRODOTTO. Nel caso specifico dell'Ingegnerizzazione dei Prodotti Sintesi, Beatrice ha supportato diverse attività. Spaziando dalla metrologia laser allo sviluppo di sistemi accelerometrici triassiali, ha contribuito a concretizzare esperienze che sono frutto delle linee di ricerca più avanzate dell'Azienda. In particolare partendo dalla definizione delle specifiche sino alla realizzazione dei prototipi, passando dalle ricerche di mercato alla progettazione e realizzazione dei prototipi stessi, il masterando ha seguito l'intero ciclo tecnologico del prodotto, in quel processo di affinamento progressivo che conduce dalla ricerca al prodotto finito.

**Laurea:**

Ingegneria Meccanica
Politecnico di Bari

Titolo tesi:

Effetti particolari nella misurazione di tensioni residue con il metodo della rosetta forata

Project work:

Ingegneria di Prodotto

Tutor:

Ing. F. Ottonelli

Ingegneria di prodotto: obiettivi e problematiche

Le attività afferenti a quest'area hanno l'obiettivo di concretizzare, attraverso momenti di studio, progettazione e prototipazione, le esperienze più promettenti che provengano dalla Ricerca Industriale. Il passaggio dalla Ricerca al Prodotto è un passaggio altamente critico dal quale dipende il successo del prodotto stesso, nella sua capacità di rispondere alle richieste del mercato con affidabilità, sicurezza e durabilità.

Nell'ambito della Ricerca Industriale, l'Ingegneria di Prodotto applicata a prodotti altamente innovativi diventa il momento di riscontro delle idee studiate e di ricerca della compatibilità di tali prodotti con le richieste di un mercato specializzato.



Fig.1 Das

Più precisamente, i principali progetti seguiti durante il periodo di stage hanno previsto attività di collaborazione per la realizzazione della messa in tavola di singoli componenti e particolari costruttivi con gestione delle tavole secondo standardizzazione interna, oltre ad attività sperimentali.

Le prime attività si sono articolate nello studio e realizzazione di supporti per schede elettroniche e ricerca di configurazioni ottimali compatibili con le esigenze di montaggio ricorrendo, laddove possibile, a componentistica commerciale per perseguire la riduzione di tempi e costi. Sono stati anche eseguiti studi di configurazioni delle singole parti costituenti l'insieme, lavoro finalizzato ad adattare i prodotti dell'azienda ad applicazioni proprie del campo della robotica. Inoltre sono state elaborate e messe a punto differenti varianti di componenti, per la successiva realizzazione di prodotti più conciliabili con la produzione industriale.

A completamento delle attività, sono state eseguite campagne sperimentali di calibrazione dei prodotti aziendali e l'analisi dei dati sperimentali nei laboratori.

Per l'esecuzione di tali lavori si è fatto ricorso a strumenti di disegno CAD 2D e 3D (SOLIDWORKS), a programmi di simulazione (ANSYS-WORKBENCH) e di analisi dei risultati (MATLAB) con il fine di maturare una esperienza significativa nell'ambito della progettazione per lo sviluppo di prodotti innovativi.

Lo sviluppo dei prodotti è stato seguito fino alla fase di realizzazione in officine interne, seguendo la stesura del Part Program, e presso aziende esterne, gestendo le tavole inviate; in aggiunta, per comprendere le fasi di gestione di un processo aziendale, sono stati ricercati fornitori di componenti commerciali e di conseguenza coordinati gli ordini delle parti.



Fig2 Triax

I risultati

Le attività relative al project work hanno prodotto importanti risultati che hanno contribuito alla realizzazione di componenti quali il Triax – il sistema inerziale triassiale per il monitoraggio e il controllo di collisioni e vibrazioni e per applicazioni inclinometriche e il Das il sistema inerziale esassiale per la misura diretta di accelerazioni lineari e angolari e per le più avanzate applicazioni di motion control.

In particolare nel progetto Triax è stato necessario realizzare un supporto tecnologico specifico per accogliere il prototipo del sistema accelerometrico con piccoli ingombri. Quindi, è stato necessario progettare il contenitore nel quale collocare le schede elettroniche, considerando al contempo le specifiche elettroniche e le necessità della produzione, conciliando le caratteristiche dei componenti acquistati dai fornitori. Il case dei prototipi, realizzati nell'officina interna a Sintesi e anche in officine esterne, è frutto del continuo confronto tra la progettazione e la produzione (scelta degli utensili, scelta dei parametri di lavorazione, posizionamento e numero dei fori di fissaggio). Il risultato dell'attività di sviluppo dei primi prototipi ha soddisfatto le specifiche di progetto in quanto a tempi di realizzazione e caratteristiche del sistema meccanico, anche a seguito dell'attività di calibrazione.

Il progetto Das si è suddiviso in due attività distinte in tempi e metodologie. Inizialmente è stata svolta la calibrazione dei sistemi realizzati nei laboratori di Sintesi, ricorrendo ai macchinari a disposizione (robot e camere climatiche). Dopo la campagna sperimentale e l'analisi dei risultati, tale attività si è conclusa producendo risultati apprezzabili.

In seguito, il sistema è stato riprogettato dal punto di vista della meccanica per poter essere integrato in una struttura da collegare ad un robot per eseguire dimostrazioni delle potenzialità del DAS nel controllo oscillazioni per la fiera CIMT.

Monitoraggio, misura e controllo oscillazioni e vibrazioni

Il Project Work

Masterando: **Chiara Luciano**

L'aumento delle prestazioni richieste alle macchine utensili è un trend costante degli ultimi anni. Esso si può tradurre in termini di riduzione tempo ciclo ed errore di posizionamento al TCP insieme all'aumento delle capacità di asportazione di materiale e l'ottenimento di una finitura superficiale del pezzo di qualità superiore. In tale ambito le problematiche legate al controllo delle vibrazioni risultano essere di notevole rilevanza in quanto rappresentano un fattore limitante all'aumento delle prestazioni. A partire da tali considerazioni le attività di Chiara Luciano si sono concentrate sullo studio e lo sviluppo di sistemi innovativi di smorzamento delle vibrazioni spaziando dall'analisi dello stato dell'arte alla modellazione virtuale fino alla fase di sperimentazione sul campo.



Laurea:

Ingegneria dell'automazione
Politecnico di Bari

Titolo tesi:

Tecniche di Boot Strap per la stima della varianza in metamodella di tipo kriging

Project work:

Controllo Vibrazioni

Tutor:

Ing. M. Palladino

Controllo vibrazioni: obiettivi e problematiche

Le cause di vibrazioni per le macchine utensili possono distinguersi a seconda della causa scatenante. Esse possono essere indotte da una forzante esterna non desiderato o in seguito a fenomeni auto-rigenerativi (chatter). Nel primo caso, la macchina oscilla alla frequenza della sorgente della vibrazione. Per sorgenti impulsive o a gradino, come discontinuità del pezzo da lavorare o della traiettoria, si manifestano oscillazioni anche alle frequenze naturali della macchina. Nel secondo caso, invece, il fenomeno oscillatorio innescato è legato all'interazione pezzo-utensile ed è in grado di auto sostenersi. In tale scenario è fondamentale evitare o almeno bloccare l'instabilità generata che inficia in maniera più che visibile la finitura superficiale del pezzo e si ripercuote sulla capacità di asportazione, fino alla possibile rottura dell'utensile.



Fig.1 Schema di controllo attivo

Il project work svolto ha previsto un'accurata ricerca tra i dispositivi già brevettati e/o presenti sul mercato, in particolare si è indagato il problema del controllo attivo delle vibrazioni dal punto di vista teorico e sperimentale. Sono noti in letteratura diversi approcci, tra cui quello attivo che si distingue dalla tradizionale soluzione passiva che prevede l'ottimizzazione e il potenziamento delle strutture di base o l'introduzione di sistemi accordati alla frequenza di risonanza. Un limite dei sistemi passivi è legato all'incapacità di adattamento alle reali condizioni di esercizio, poiché essi sono progettati sulla conoscenza a priori dell'eccitazione o dei modi di vibrare della struttura.

I sistemi di controllo attivo utilizzano invece attuatori esterni per applicare le forze di controllo alla struttura la cui entità è determinata, in tempo reale e secondo un'algoritmo di controllo, in funzione della risposta strutturale e/o dell'eccitazione stessa sulla base di informazioni raccolte dai sensori. Tali sistemi presuppongono l'impiego di attuatori e sensori connessi in un loop chiuso e la modellazione e la simulazione del sistema vibrante per la predizione del comportamento come visualizzato in Figura.

I risultati

Il contributo fornito ha visto il susseguirsi di fasi sperimentali di test con attuatori commerciali e modellazione dei principali macro-blocchi costituenti il sistema di smorzamento attivo delle vibrazioni concludendosi nella realizzazione di un modello di simulazione integrata in Matlab/Simulink del sistema di smorzamento attivo su macchina utensile e nella realizzazione del setup sperimentale.

Il progetto sul quale Domenico Rizzi ha lavorato durante il periodo di stage è stato finalizzato all'introduzione di una metodologia innovativa di ricerca, elaborazione, analisi e ottimizzazione dei parametri di processo significativi per il taglio laser di lamiere metalliche, direttamente collegata alle tabelle tecnologiche, facilmente implementabile nel controllo numerico delle macchine laser PRIMA Industrie.



Laurea:

Ingegneria Meccanica
Politecnico di Bari

Titolo tesi:

Analisi dei parametri di processo per il taglio laser ad alta velocità in condizioni critiche di lamiere sottili in acciaio dolce

Project work:

Ottimizzazione del taglio laser

Tutor:

Ing. G. Trotta

Controllo vibrazione durante il processo di taglio: obiettivi e problematiche

Il taglio LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) è un processo termico in cui il materiale interessato dal fascio è sottoposto a cambiamenti di stato, fonde e vaporizza e può essere rimosso tramite l'azione fluidomeccanica esercitata sul bagno fuso da un gas di assistenza. Combinando in modo opportuno i diversi parametri tecnologici (velocità di taglio, potenza della sorgente, pressione e tipo di gas di assistenza, punto focale, frequenza degli impulsi e duty-cycle in regime impulsato, stand-off), è possibile raggiungere un'elevata qualità del bordo di taglio così da rendere la tecnologia fortemente competitiva sul mercato.

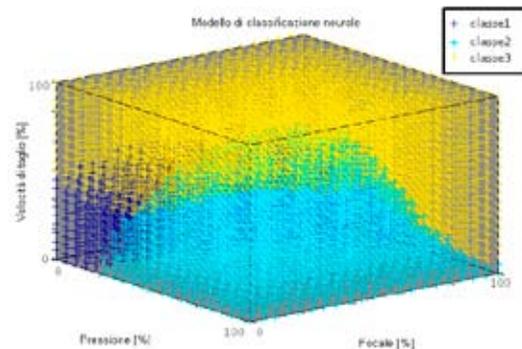


Fig1 Reti neurali in ambiente Matlab

Il presente progetto è finalizzato all'introduzione di una metodologia innovativa di ricerca, elaborazione, analisi e ottimizzazione dei parametri di processo significativi per il taglio laser di lamiere metalliche, direttamente collegata alle tabelle tecnologiche, che sia facilmente implementabile nel controllo numerico delle macchine laser PRIMA Industrie.

Sono stati inizialmente definiti gli obiettivi del progetto in due fasi successive:

1. Stesura della specifica preliminare;
2. Stesura della specifica tecnica.

Nella specifica preliminare sono stati introdotti gli obiettivi del progetto, classificati in strategici e specifici; nella specifica tecnica gli stessi obiettivi sono stati schematizzati ed esaminati più a fondo in modo da avere una visione chiara e completa delle attività da svolgere per conseguirli.

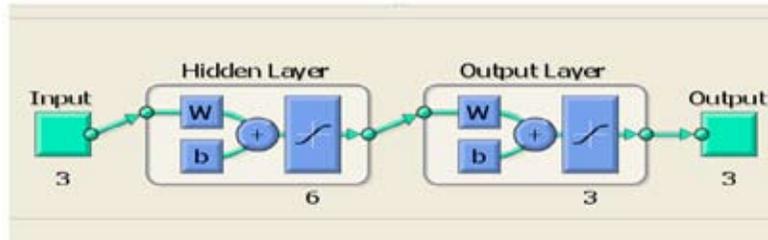


Fig2 Reti neurali in ambiente Matlab

I risultati

La procedura è stata applicata al taglio di lamiere piane in acciaio al boro, materiale comunemente utilizzato per la realizzazione di componenti 3D in campo automobilistico, conducendo una sperimentazione tecnologica su macchina da taglio laser PRIMA Industrie. I risultati ottenuti sono stati validati successivamente eseguendo tagli in diverse configurazioni della macchina con gli stessi parametri ottimali individuati.

In definitiva i risultati di questo studio consentono di affermare ampiamente la validità della metodologia individuata, la quale è attualmente in fase di ulteriori approfondimenti al fine di testarne i limiti tecnologici ed individuare le massime prestazioni ottenibili in differenti condizioni operative (diversi tipi di materiale e spessore), con l'obiettivo ultimo di poter sviluppare un'interfaccia grafica "user friendly" utilizzabile a bordo controllo numerico sulle macchine.

Le attività del progetto hanno riguardato l'introduzione e l'implementazione in ambiente Matlab dei due strumenti utilizzati per la ricerca automatica dei parametri tecnologici ottimali, quali:

1. le Reti Neurali, strumenti di elaborazione numerica basati su paradigmi dell'"intelligenza artificiale" (FIGURA 1);
2. le tecniche di ottimizzazione del Design of Experiment (DOE, FIGURA 2).

Combinando i vantaggi offerti da questi due strumenti, è stato individuato e implementato un algoritmo di ottimizzazione dei parametri di taglio laser che introduce alla chiusura del loop di processo e spinge verso una maggiore standardizzazione della tecnologia di taglio laser per quanto concerne la valutazione della qualità del bordo di taglio delle parti lavorate.

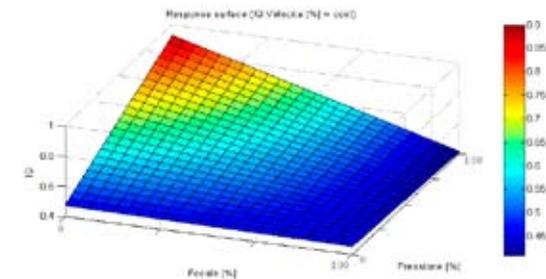


Fig3 Analisi DOE per l'ottimizzazione dei parametri di taglio laser

Il Project Work

Masterando: Francesco Pace

Il progetto sul quale Francesco Pace ha lavorato durante il periodo di stage rappresenta un'innovazione per la pneumatica in quanto è stato infatti finalizzato allo sviluppo di know-how, tecnologie, componentistica e soluzioni integrate per l'automazione pneumatica basata su controlli innovativi e sulla tecnica proporzionale realizzata con comando modulante PWM (Pulse Width Modulation) di valvole on/off.

Gli obiettivi del progetto nel quale si inserisce il lavoro svolto dal masterando sono formalmente rappresentati dalla realizzazione di dispositivi di controllo delle grandezze di processo (regolatori di pressione elettronici), attuatori con features avanzate (cilindri controllati in moto e in forza, self tuning), sensoristica e diagnostica avanzata per componenti pneumatici (localizzazione guasti, diagnostica predittiva, monitoraggio prestazioni, ecc.), sviluppo del Plug&Play per attuatori pneumatici, integrazione delle tecnologie sviluppate, analisi di problematiche connesse ai costi di esercizio (TCO Total Cost of Ownership).



Laurea:

Ingegneria Meccanica
Università di Roma

Titolo tesi:

Progettazione di nano-turbogruppo

Project work:

Pneumatica 2010

Tutor:

Ing. V. Basile

Sistemi pneumatici: obiettivi e problematiche

Il progetto nasce dalla collaborazione tra Sintesi ed il centro ricerche di un importante gruppo industriale italiano operante nel settore della pneumatica e dell'automazione.

L'automazione industriale, oggi, è realizzata con attuazione elettrica e attuazione fluidica pneumatica e oleodinamica: l'attuazione elettrica offre elevata flessibilità e facilità di controllo ma, di contro, ha costi elevati; viceversa l'automazione basata sulla pneumatica ha costi ridotti ma, per le caratteristiche intrinseche dell'aria, mostra limiti di controllabilità e di accuratezza. Oggi, l'impiego principale della pneumatica si manifesta in tutte quelle applicazioni dove sono richieste elevate forze e dinamiche (moto) sviluppate e nelle quali non sono necessarie elevate accuratezze e controllabilità. Negli ultimi anni, i limiti di controllabilità e accuratezza sono stati mitigati dall'introduzione di servo-valvole e dispositivi di controllo servo-assistiti (valvole proporzionali, regolatori di pressione, ecc.) in grado di controllare le variabili di processo (pressione e portata) grazie all'introduzione di elettronica e sensoristica integrata. Tale effetto benefico però si è ottenuto a discapito dell'economicità: le "alte" prestazioni sono state ottenute con un incremento sensibile dei costi complessivi degli attuatori pneumatici.

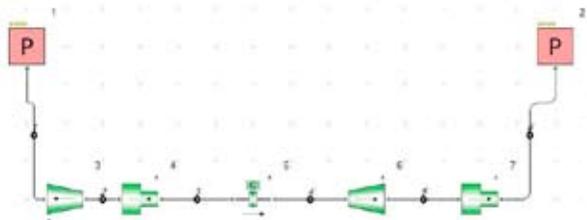


Fig.1 - Modello Monodimensionale (Flowmaster) di un elettropilota impiegato nello stadio di pilotaggio di un regolatore di pressione elettronico.

Uno degli obiettivi strategici del progetto è stato lo sviluppo di tecniche di controllo e di dispositivi proporzionali in grado di realizzare attuatori e dispositivi pneumatici ad elevate prestazioni in termini di controllabilità, accuratezza, affidabilità ed economicità di esercizio (TCO) mantenendo i vantaggi tipici di costo della pneumatica.

Per questo scopo sono state individuate delle enabling technologies (ETs): la sensoristica integrata e la tecnica di controllo basata su comando modulante PWM di valvole e dispositivi di regolazione di tipo on-off.

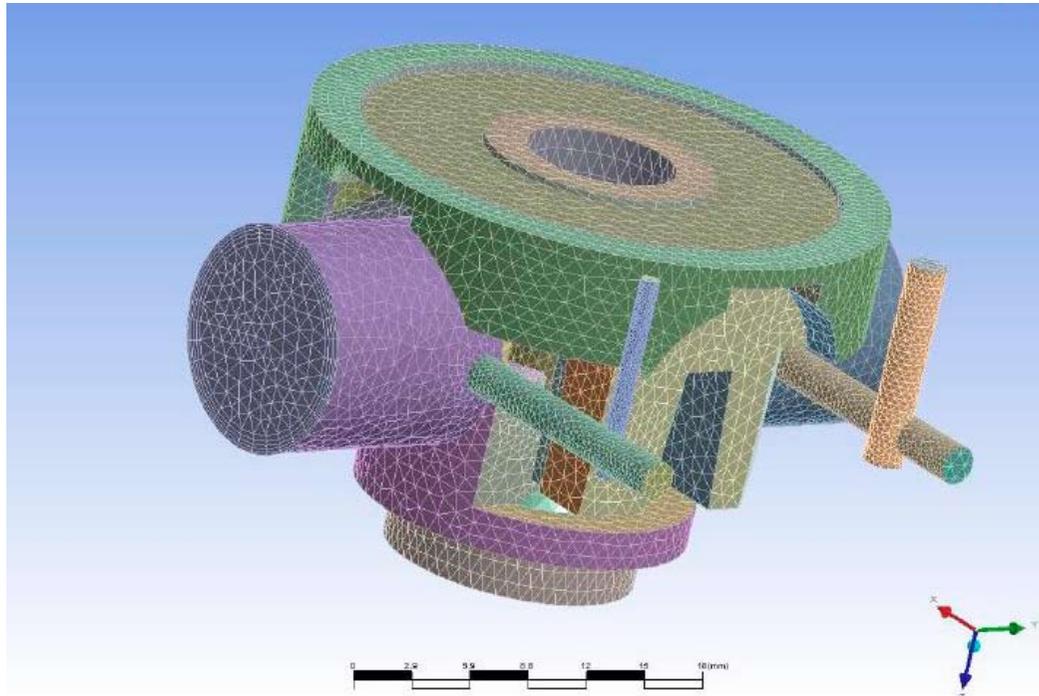


Fig.2 - Modello 3D del regolatore di pressione realizzato per le analisi CFD.

I risultati

Le attività di ricerca e sviluppo hanno dato interessanti risultati in termini di know-how e di metodologie.

Le simulazioni CFD hanno permesso di comprendere i fenomeni fisici che si realizzano all'interno dei dispositivi, sia in condizioni transitorie sia stazionarie. Tale know-how è stato utilizzato per costruire modelli numerici direttamente utilizzabili per lo sviluppo di leggi di controllo innovative in ambiente Matlab/Simulink.

Molto utili e significativi sono stati, inoltre, i risultati sperimentali della caratterizzazione dei dispositivi pneumatici di interesse per il progetto: elettrovalvole e regolatori di pressione. I dati ottenuti poi sono stati concretamente utilizzati nella concezione e nello sviluppo di un regolatore di pressione elettronico ad alte prestazioni.

In questo contesto una delle attività più importanti svolta durante il project work è consistita nello sviluppo di modelli multi-fisici di dispositivi pneumatici e di know-how per la comprensione ed il controllo dei complessi fenomeni di fluidodinamica (turbolenze, perdite di carico, trasformazioni politropiche, blocchi sonici, scambi termici, ecc.).

In particolare, l'attività di modellazione e simulazione numerica fluidodinamica si è focalizzata sugli efflussi d'aria e sul carico e scarico di volumi all'interno di dispositivi pneumatici. La comprensione di questi fenomeni fisici è fondamentale per lo sviluppo di modelli numerici accurati e predittivi. La fase successiva ha portato, invece, allo sviluppo di modelli fluidodinamici completi dei dispositivi pneumatici in studio. Alla modellazione fluidodinamica CFD è seguita una corposa attività sperimentale mirata alla validazione dei modelli sviluppati ed alla caratterizzazione del comportamento di elettropiloti di tipo on-off in applicazioni specifiche quali il controllo della pressione in servo-valvole e regolatori proporzionali.

L'attività sperimentale è stata condotta su un prototipo di una camera di pilotaggio di un regolatore di pressione appositamente progettato e realizzato nel corso del progetto.

Le attività di modellazione e di analisi fluidodinamiche CFD hanno presentato significative difficoltà riconducibili alla complessità dei fenomeni ed alla comprensione dei risultati.

Monitoraggio, misura e controllo oscillazioni e vibrazioni

Il Project Work

Masterando: **Giovanna De Vanna**

Il lavoro svolto da Giovanna De Vanna si inserisce in un ambito di ricerca piuttosto ampio: il Controllo Oscillazioni e le metodologie applicative connesse. In particolare il project work si è basato sull'investigazione di diversi aspetti dalle questioni brevettuali alla realizzazione di un modello integrato di simulazione per una macchina di taglio laser 3D.



Laurea:

Ingegneria Elettrica
Politecnico di Bari

Titolo tesi:

Controllo sensorless di un
azionamento di motore ad
induzione

Project work:

Controllo Oscillazioni

Tutor:

Ing. M. Palladino

Controllo Oscillazioni: obiettivi e problematiche

Il mercato dei manipolatori industriali è governato oggi da richieste di performance ottimali che si concretizzano in velocità sempre maggiori, elevata accuratezza e costi contenuti. Ciò si traduce nella realizzazione di macchine utensili, speciali e di manipolazione con masse ridotte che, se non opportunamente progettate, comportano un abbassamento delle frequenze di risonanza della struttura meccanica con conseguente riduzione delle prestazioni.

Per questo spesso i costruttori di beni strumentali intervengono su struttura e controllo in maniera tale da governare fenomeni indesiderati tra cui si inseriscono a pieno titolo le oscillazioni indesiderate del TCP.

Occorre quindi che il controllo venga implementato in modo opportuno al fine di eliminare o ridurre le vibrazioni meccaniche legate alla struttura meccanica. Il progetto per il controllo delle oscillazioni meccaniche sviluppato da Sintesi nel quale si inserisce il project work si basa su tecniche di "Sensor Fusion" che mediante l'ausilio di stimatori basati su algoritmica innovativa realizzano la fusione delle informazioni provenienti dai sensori tradizionali della macchina e da un sensore inerziale posto sull'organo terminale.

In particolare è stato utilizzato come sensore inerziale il Direct Acceleration Sensor – Das- sviluppato da Sintesi in grado, unico nel suo genere, di effettuare misure di accelerazione lineare ed angolare. Questa tecnica consente di ottenere stime più accurate di posizione, velocità e accelerazione dell'organo terminale della macchina mediante le quali è possibile elaborare dei segnali correttivi finalizzati alla compensazione di oscillazioni indesiderate al TCP della macchina.



Fig.1 Das

I risultati

La tecnica di controllo oscillazioni è stata implementata con successo sul manipolatore antropomorfo ottenendo un miglioramento in termini di abbassamento di tempo ciclo e/o di errore di inseguimento. I risultati positivi ottenuti sul robot hanno spinto a proseguire lo studio su tecniche per il controllo delle oscillazioni su macchine aventi strutture cinematiche differenti e ad affinare quanto già realizzato.

Si sta attualmente implementando il controllo delle oscillazioni su una macchina laser cartesiana a portale. Il progetto ha visto il susseguirsi di attività legate alla realizzazione del modello FEM della macchina in configurazioni significative e alla successiva validazione sperimentale mediante analisi modale. L'uso di tecniche di generazione ed esportazione di super-elementi a partire dal FEM in ambiente di simulazione Matlab/Simulink ha permesso di costruire un modello integrato della macchina con il suo controllo in grado di simulare efficacemente il comportamento flessibile della struttura meccanica. Il modello di simulazione integrata ha subito un'ulteriore fase di validazione mediante l'uso di strumentazione adeguata come il sistema di misurazione accelerometrica LMS e il sistema di misura laser tracker. L'obiettivo di tale modello di simulazione integrata è quello di studiare algoritmi di controllo delle oscillazioni innovative in grado di poter superare i limiti attuali delle macchine.

Inoltre, la ricerca documentale e brevettuale su tale tematica ha rivelato un forte interesse da parte del mondo sia accademico che industriale. Un'analisi accurata dei brevetti ha mostrato inoltre che il controllo proposto da Sintesi presenta contenuti innovativi tali da poter procedere ad una richiesta di deposito di brevetto.

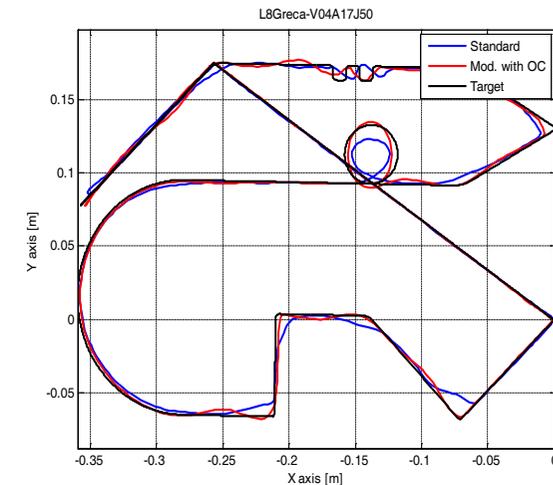


Fig.2 Esecuzione del part program Greca con velocità 0.4 m/s, accelerazione: 1.7 m/s², jerk: 50% carico 8kg; nelle configurazioni del controllo con parametri modificati senza controllo oscillazioni (linea blu), con parametri modificati e con controllo delle oscillazioni attivo (linea rossa). In nero è riportato il target.

Monitoraggio, misura e controllo oscillazioni e vibrazioni

Il Project Work

Masterando: **Giuseppe Franchino**

L'attività formativa di Giuseppe Franchino si è articolata in due fasi, una nella sede di Bari e l'altra nella sede dell'ITIA-CNR di Milano. Il project work al quale ha lavorato ha previsto la risoluzione di problemi di varia natura che vanno dalla messa in funzione di una macchina utensile al suo riattrezzaggio, dallo studio dei sistemi per lo smorzamento delle vibrazioni alla progettazione di un banco prova per l'esecuzione di test sperimentali sul sensore REMIDA, progetto di ampio spettro che ha come obiettivo la realizzazione di un sistema attivo per il controllo delle vibrazioni che si instaurano durante le lavorazioni meccaniche su macchine utensili.



Laurea:

Ingegneria Meccanica
Università della Calabria

Titolo tesi:

Studio di un sistema di saldatura LASER per un componente auto-mobilistico

Project work:

Controllo Vibrazioni durante il processo di taglio

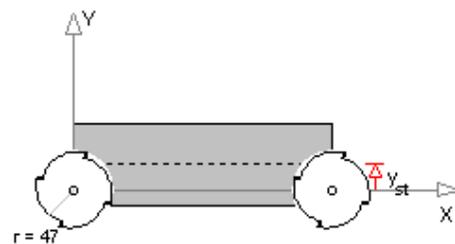
Tutor:

Ing. A. Brondi

Controllo vibrazione durante il processo di taglio: obiettivi e problematiche

Le vibrazioni durante un processo di lavorazione sono piuttosto frequenti e possono essere indotte dall'esterno o dalla stessa lavorazione. In quest'ultimo caso il fenomeno oscillatorio innescato (chatter) è legato all'interazione pezzo-utensile che può provocare una scadente finitura superficiale e delle forti sollecitazioni sulla macchina e sull'utensile che possono ridurre a loro volta il loro tempo di funzionamento. Inoltre la variabilità dello spessore di truciolo generato dalla lavorazione può generare un fenomeno oscillatorio che mette in risonanza la macchina.

Per evitare queste oscillazioni si può ricorrere ad un approccio passivo che prevede l'introduzione di sistemi di smorzamento tarati alla frequenza di risonanza delle vibrazioni misurata teoricamente o sperimentalmente, o ad un approccio attivo, che prevede l'utilizzo di sensori che misurano le entità delle oscillazioni e di attuatori che basandosi sulle misure effettuate controllano la forza in ampiezza e frequenza sulla base di un prefissato algoritmo di controllo.



Y-off = 30 mm
blim = 15 mm

L'obiettivo del lavoro svolto durante il periodo di stage è stato quello di comprendere e simulare il processo tecnologico e verificare che lo smorzatore in via di progettazione riesca ad abbassare l'entità delle oscillazioni.

Inizialmente si è resa necessaria una ricerca sullo stato dell'arte del processo di taglio, con particolare riferimento ai processi di lavorazione quali fresatura e tornitura.

In secondo luogo ci si è focalizzati su una macchina test case analizzandone il funzionamento e generando part programs utili alla validazione sperimentale dei modelli.

In seguito si è passati all'analisi della capacità di asportazione della macchina a partire dai dati numerici derivanti dall'analisi di cedevolezza dinamica, ed inoltre alla progettazione dei relativi test di verifica per i modelli del processo di lavorazione (fresatura) mediante l'utilizzo del software CutPro (vedi Figura 1); in contemporanea è stato effettuato lo studio del modello di processo di taglio da inserire all'interno del modello dell'attuatore.

Fig.1 Test di verifica per i modelli del processo di fresatura

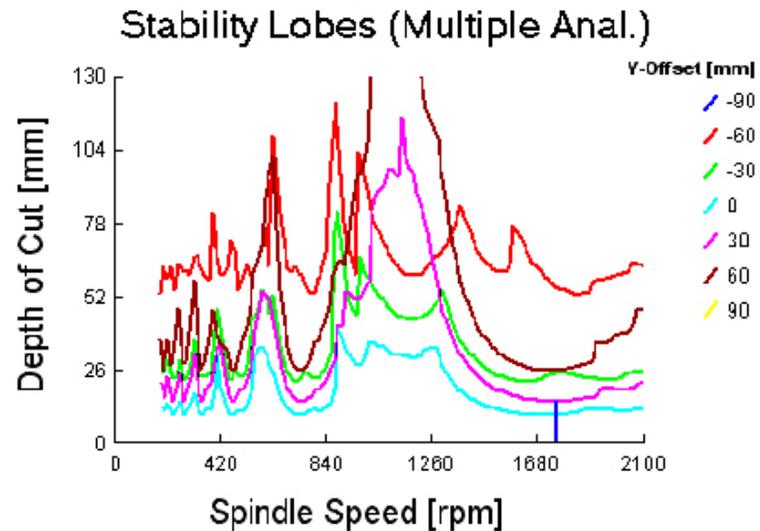


Fig.2 Test di verifica per i modelli del processo di fresatura

I risultati

Al termine dell'attività di studio del processo di taglio e dell'analisi della macchina test case è stato individuato l'utensile e i parametri di lavorazione (utensile a 4 taglienti dal diametro di 94mm che lavora l'alluminio) che, secondo le simulazioni, è capace di mandare la macchina in chatter a frequenze comprese tra i 90Hz ed i 160Hz.

Per quanto riguarda la progettazione del banco prova, sono state valutate diverse alternative progettuali ed è stata individuata la soluzione che è sembrata meglio soddisfare le esigenze del mercato tenendo conto anche della futura standardizzazione del prodotto. Sono stati inoltre preparati i disegni e le messe in tavola del prototipo pronto nei prossimi mesi. Per quanto concerne infine la simulazione integrata della macchina è stato creato un modello che include la parte strutturale, il controllo ed il processo di taglio.

Resta da integrare nell'ambiente di simulazione il modello dell'attuatore per testare le sue performance in termini di smorzamento delle oscillazioni.

A valle di questo studio teorico ed in attesa che il modello della macchina test case fosse pronto, si è ritenuto opportuno inserire il modello del sistema di smorzamento in uno schema che contemplasse la presenza del modello di un'altra struttura meccanica e del modello di processo di tornitura: ciò al fine di valutare le performance dell'attuatore in una simulazione integrata.

L'obiettivo della simulazione è stato valutare l'efficacia dello smorzatore in termini di profondità di passata limite; a tal fine, sono state previste due campagne di prove avvalendosi del modello del processo sviluppato in ambiente Matlab/Simulink in cui la discriminante era la presenza o meno del sistema di attuazione.

Nello specifico si è fatto delle valutazioni sull'entità delle forze generate all'utensile, facendo variare la profondità di passata e la spindle speed.

In ultimo, come attività inserita in itinere, si è passati alla progettazione del prototipo fisico da realizzare in officina con relativo interfacciamento con i fornitori per l'individuazione dei componenti commerciali, nonché la ricerca delle modalità di intervento sulla macchina test case al fine di renderla operativa e utilizzabile per gli scopi prefissati all'interno del progetto.

Monitoraggio, misura e controllo oscillazioni e vibrazioni

Il Project Work

Masterando: **Mario De Biase**

Mario De Biase durante il periodo di stage si è occupato dapprima di tematiche relative alle tecnologie MEMS (ricerche di mercato, stato dell'arte e procedure di incremento prestazionale), e successivamente delle attività di sviluppo del prototipo di un sensore in cui convergessero risultati di ricerca industriale e specifiche ingegneristiche.

Obiettivo del progetto è stata la realizzazione di un sensore inerziale utilizzabile nella maggior parte dei casi applicativi con prestazioni elevate in termini di misure fornite e in grado di competere con sensori di fascia superiore e, più precisamente, in grado di ottenere parità di prestazioni a un costo inferiore.



Laurea:

Ingegneria Informatica
Politecnico di Bari

Titolo tesi:

Tecniche di biforcazione sequenziale per lo screening nella Simulazione Numerica di Sistemi Complessi

Project work:

Controllo Vibrazioni

Tutor:

Ing. G. Negri

Controllo Vibrazioni: obiettivi e problematiche

Nell'industria moderna la strumentazione hardware e software a supporto della produzione sta assumendo notevole importanza: sensori, sistemi di acquisizione dati e software di elaborazione sono diventati strumenti indispensabili per un'efficiente utilizzo delle macchine, per una maggiore qualità produttiva e per operare con maggiore sicurezza.

L'ambito della produzione industriale e in particolare quello delle macchine utensili, è affetto da problematiche che possono andare al di là dei problemi geometrici. Infatti i corpi in movimento su di una macchina producono forze, accelerazioni e vibrazioni che influiscono sulle strutture ad essa connesse e la capacità di avere una conoscenza approfondita del comportamento della macchina in diverse condizioni di funzionamento permette di aumentarne l'efficienza e migliorare la qualità della produzione. Le prestazioni di un sistema meccanico quali un manipolatore robotico o una macchina di produzione, sono in genere quantificate in termini di regolarità del moto del carico e specificatamente in termini di vibrazioni della struttura meccanica connessa in anello chiuso con un sistema di controllo del moto. I fattori che limitano queste prestazioni sono associati al comportamento della macchina in termini di vibrazioni.

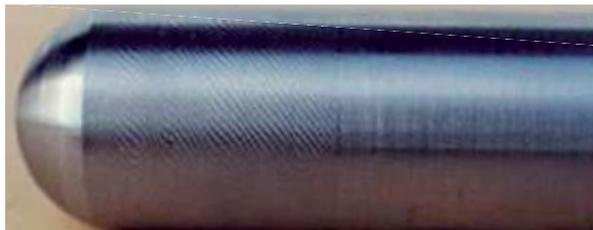


Fig.1 Tipico risultato di una lavorazione nella quale si è verificato l'effetto chatter

Inoltre, anche l'interazione utensile-pezzo da lavorare può produrre vibrazioni che possono portare all'instabilità della macchina oppure possono produrre effetti indesiderati sulla lavorazione del pezzo ("chatter"). La qualità della produzione può degradarsi anche per l'usura di un utensile o per malfunzionamenti del mandrino nel qual caso si genererebbero componenti vibratorie rilevabili da un sensore inerziale; inoltre si potrebbero generare dei fenomeni che, se non controllati, sarebbero pericolosi non solo per la struttura stessa della macchina ma anche per l'operatore.



Fig.2 Triax

Avere la possibilità, quindi, di inserire un sensore inerziale in un anello di controllo per monitorare continuamente una grandezza fisica rappresentativa di un certo fenomeno e di fornire un continuo feedback al sistema di controllo, sarebbe una soluzione per prevenire questi fenomeni e le problematiche connesse. I campi di applicazione, naturalmente, si moltiplicherebbero passando dal settore prettamente industriale a comparti quali automotive, avionica, difesa.

Come accennato le applicazioni che necessitano di misure di accelerazione sono innumerevoli ed ognuna di esse richiede l'uso di uno strumento specifico in base alle caratteristiche dell'applicazione stessa. Per questo motivo sono state condotte attività di ricerca e sviluppo mirate all'ottenimento di un incremento prestazionale degli accelerometri Mems. In seguito alle numerose interviste con i maggiori attori della produzione industriale che hanno fatto sì che si definissero le specifiche tecnico-operative del sensore da progettare, si è passati dal know-how maturato a un prodotto finito e commercializzabile: il Triax.

I risultati

In sintesi, il project work ha previsto le seguenti attività di Ricerca & Sviluppo:

- 1) Progettazione elettronica;
- 2) Definizione della macchina a stati, ossia del comportamento del sensore nei vari scenari applicativi;
- 3) Implementazione del firmware;
- 4) Analisi del rumore e delle caratteristiche prestazionali;

In particolare, sono state compiute attività di acquisizione dati dal dispositivo utilizzando svariati setup hardware e software. L'elaborazione successiva è stata utilizzata per analizzare quantitativamente e qualitativamente l'uscita fornita dal Triax, in particolar modo per l'analisi dei rumori che condizionano la misura dell'accelerazione. La validazione delle misure è stata eseguita confrontando i dati in possesso con quelli di un sensore inerziale di fascia alta, utilizzata come riferimento. I risultati al termine del progetto hanno consentito un riposizionamento del sensore inerziale sviluppato da Sintesi da fascia bassa a fascia alta nella scala delle possibili collocazioni degli accelerometri basati su tecnologia Mems.

Il lavoro svolto da Michele Leone si colloca all'interno del progetto relativo allo sviluppo della piattaforma di controllo Orchestra, una suite di componenti software per la progettazione, lo sviluppo e la realizzazione di applicativi di controllo real-time per macchine, robot, celle e impianti industriali.

Nell'ambito di questo progetto, diverse attività sono state dedicate allo studio e alla realizzazione di algoritmi di generazione di traiettoria avanzati in grado di calcolare i profili di moto più adeguati che garantiscano il rispetto dei limiti dinamici della macchina, nonché una elevata accuratezza nell'inseguimento del percorso.

Il sistema di controllo sviluppato da Sintesi era in grado di effettuare delle interpolazioni lineari, circolari e spline, si è voluto estendere queste funzionalità ed integrare nel controllo l'interpolazione elicoidale, spirale e conica.

Obiettivo del progetto è stato infatti quello di analizzare e sviluppare tecniche per la generazione di traiettorie elicoidali, spirali e coniche, implementando un modulo software che permetta quindi questo tipo di interpolazione. Gli strumenti utilizzati per realizzare il modulo sono stati Matlab, Simulink e Stateflow.



Laurea:

Ingegneria Informatica
Politecnico di Bari

Titolo tesi:

Architetture di sistemi di controllo distribuito: il caso del controllo digitale di un motore brushless rotativo

Project work:

Generazione di traiettorie elicoidali, spirali e coniche

Tutor:

Ing. A. Grassi

Generazione di traiettorie nelle macchine utensili: obiettivi e problematiche

La generazione delle traiettorie da imporre ad una macchina a controllo numerico è uno degli aspetti più rilevanti in ambito industriale. Il suo obiettivo infatti, è quello di generare gli ingressi di riferimento per il sistema di controllo del moto che assicura l'esecuzione, da parte della macchina, delle traiettorie specificate.

A seconda del compito che viene impartito alla macchina, l'utente specifica in ingresso al generatore un certo numero di punti i quali andranno a costituire il percorso geometrico. L'algoritmo invece, attribuirà a tale percorso una legge oraria di moto del quarto ordine e genererà le coordinate dello spostamento con una frequenza dettata dal tempo di campionamento del sistema. Ciascuna coordinata andrà a costituire il set-point per il controllore del moto posto a valle.

A valle delle analisi sulle funzionalità dei controlli più diffusi sul mercato, si è evidenziato che l'interpolazione elicoidale è presente sui controlli NUM, OSAI, ESA, FANUC e SIEMENS, mentre l'interpolazione spirale e quella conica non risultano molto diffuse e sono possibili solo per il controllo FANUC.

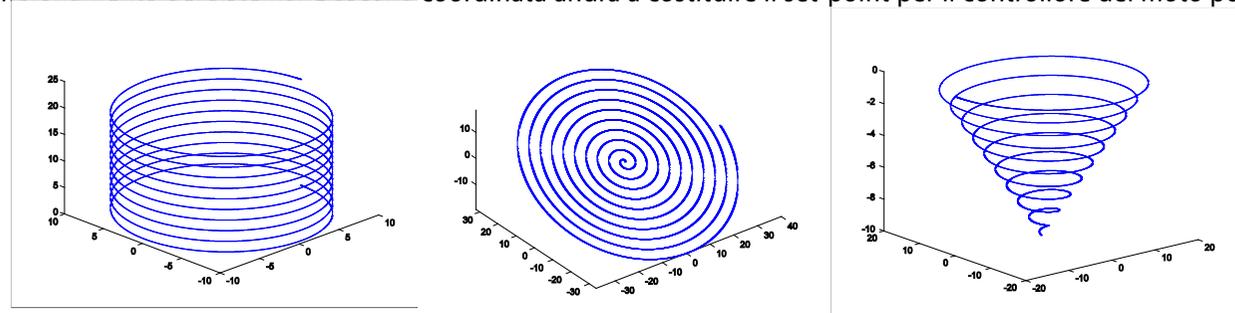


Fig.1 Interpolazione elicoidale, spirale e conica.

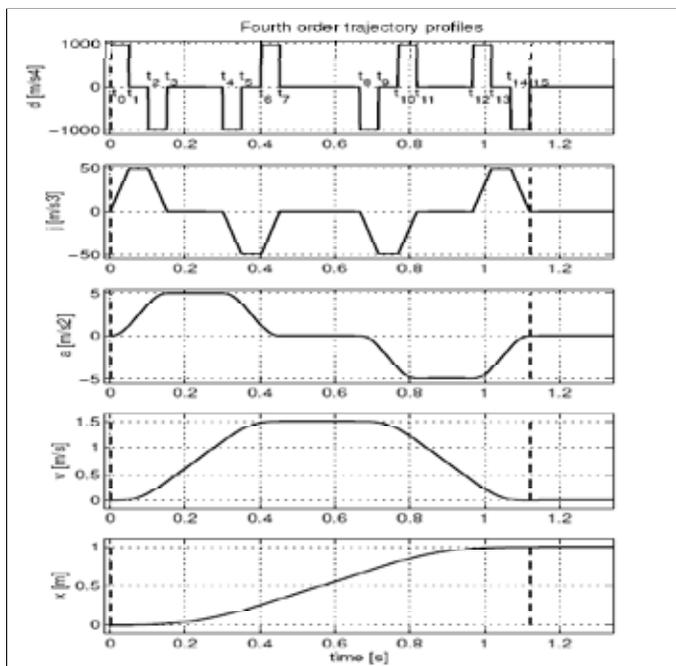


Fig.2 Pianificazione della legge oraria del quarto ordine.

I risultati

Sono stati condotti dei test su un banco prova costituito da 5 azionamenti Yaskawa, in cui il controllo numerico NUM è stato sostituito dalla piattaforma Orchestra, per verificare che nella pratica il controllo funzionasse come in simulazione. I test pratici sono stati importanti per controllare che i risultati positivi ottenuti in fase di simulazione rispecchiassero il comportamento reale del modulo di interpolazione in fase di lavorazione.

Sia le simulazioni che i test sul banco prova hanno dato i risultati attesi, quindi il sistema di controllo è stato dotato delle nuove funzionalità. Gli obiettivi prefissati del lavoro di tesi si possono ritenere raggiunti con l'integrazione, nel sistema di controllo già sviluppato da Sintesi, delle funzionalità di interpolazione elicoidale, spirale e conica.

L'interpolazione spirale e quella conica costituiscono quindi il contenuto innovativo del progetto e rappresentano alcune delle caratteristiche che differenziano il controllo sviluppato da Sintesi dagli altri diffusi sul mercato.

Le leggi matematiche presenti nelle funzioni del modulo relative al calcolo dei parametri iniziali, alla costruzione della geometria da percorrere, al calcolo delle varie derivate ecc., sono state ricavate col software Mathematica della Wolfram, particolarmente adatto al calcolo simbolico.

Infine è stata fatta l'integrazione delle funzionalità sviluppate nei moduli di interpolazione già realizzati nell'ambito del progetto Orchestra. Il sistema di controllo è stato realizzato tramite la piattaforma Orchestra, particolarmente adatta per le applicazioni industriali che richiedano allo stesso tempo elevate prestazioni ed elevata affidabilità.

Il controllo così realizzato è stato sottoposto ad una serie di simulazioni per verificarne il corretto funzionamento e che fossero rispettati i vincoli cinematici della macchina evitando di violare i limiti su grandezze quali velocità, accelerazione, jerk e derivata del jerk.

Obiettivo non meno importante per il software di controllo è stato il raggiungimento del punto finale senza errore di posizione, dovendo consentire precisioni del micron in fase di lavorazione.

Monitoraggio, misura e controllo oscillazioni e vibrazioni

Il Project Work

Masterando: **Paola Pareo**

Il progetto seguito da Paola Pareo, durante lo stage ha previsto come principale obiettivo la realizzazione di un sistema di controllo degli assi cartesiani di una macchina laser.

A tal fine, si sono realizzati i modelli mecatronici che integrano gli ambienti meccanici, quelli del controllo assi e quelli del sistema di attuazione e di misura. Per affrontare le problematiche tecniche questi modelli sono stati validati sperimentalmente durante la fase di simulazione e poi sulla macchina reale durante la fase implementativa.



Laurea:

Ingegneria dei Materiali
Università del Salento

Titolo tesi:

Confinamento di cilindri di calcestruzzo tramite filament winding

Project work:

Controllo Oscillazioni

Tutor:

Ing. I. Leone

Modelli mecatronici per il controllo oscillazioni: obiettivi e problematiche

Nelle macchine utensili, con particolare riferimento a quelle interessate da un ampio volume di lavoro, le vibrazioni generate nelle condizioni operative possono compromettere la qualità delle lavorazioni o, comunque, limitare le prestazioni. Utilizzando opportune tecniche di controllo, con l'ausilio di un sensore inerziale collocato in corrispondenza del Tool Center Point e senza l'utilizzo di attuatori esterni, è possibile migliorare le prestazioni delle macchine andando a smorzare quelle vibrazioni che hanno una frequenza contenuta nella banda passante degli azionamenti (oscillazioni). Questa metodologia è chiamata Controllo Oscillazioni.

Durante il periodo di stage è stata condotta inizialmente una ricerca sullo stato dell'arte di questo tipo di controllo sulle macchine utensili e dei robot. Oltre all'innovatività dell'argomento è emerso che l'approccio alla modellazione più corretto da seguire per la macchina oggetto del lavoro è a link flessibili, in quanto le flessibilità strutturali, legate ai modi di vibrare, hanno maggiore rilevanza rispetto a quelle dei giunti.

In particolare la macchina laser è di tipo Gantry (a portale), caratterizzata da una struttura con una buona simmetria, con lunghe corse lungo l'asse x ed uno spazio di lavoro molto ampio. Per tener conto delle inevitabili non linearità dovute ai grossi spostamenti dei carri della macchina laser, sono state scelte tre configurazioni, e sono stati realizzati rispettivamente tre modelli a elementi finiti. Successivamente è stata condotta l'analisi modale sperimentale per ciascuna delle tre configurazioni, ottenendo i modi e le frequenze proprie della macchina reale. Il metodo di analisi è stato la misura delle risposte in frequenza, utilizzando uno shaker modale (fig. 1) come sistema di eccitazione, e degli accelerometri piezoelettrici per rilevare la risposta in corrispondenza di vari punti scelti sulla struttura.



Fig1 applicazione dello shaker modale per eccitare le strutture

I risultati

La validazione è avvenuta per ciascun modello a elementi finiti mediante un confronto numerico-sperimentale dei risultati ottenuti dall'analisi dei modi di vibrare e delle risposte in frequenza (Fig.2). Questa attività ha presentato delle criticità dovute alla difficoltà di rappresentare la macchina reale con modelli semplificati undamped.

Il risultato complessivo dell'attività di modellazione meccanica è stato la realizzazione di modelli matematici in grado di interpretare con buona approssimazione il comportamento dinamico della macchina laser.

In seguito è stata eseguita l'attività di generazione del superelemento per le tre configurazioni, dal quale sono state estratte le matrici degli stati ABCD del sistema macchina, successivamente integrate con il modello del controllo al fine di realizzare i modelli mecatronici della macchina in oggetto.

Nella seconda parte dello stage si è partecipato ad altre attività del Progetto "Controllo oscillazioni", quali: prove sperimentali su macchina e confronto dei relativi risultati con quelli numerici derivanti dalle simulazioni fatte sui modelli mecatronici. Con quest'ultime attività sono stati validati i modelli mecatronici, mediante i quali sarà progettato il sistema di controllo delle oscillazioni.

Infine, sono state svolte delle attività previste nel piano di progetto "Analisi di metodologie di simulazione mecatronica" che riguarda l'individuazione di strumenti software e di metodologie necessarie per la simulazione di sistemi mecatronici complessi. Per questo scopo sono state pianificate delle attività di modellazione di una macchina con tecniche differenti. Il lavoro svolto ha riguardato la generazione dei superelementi di tutti i componenti di una macchina reale. Inoltre sono stati scelti opportunamente, per tutti i componenti, dei nodi di interfaccia con i quali sono stati successivamente realizzati, in ambiente multibody (ADAMS), i vincoli tra i superelementi e la modellazione delle zone di contatto. Il risultato raggiunto ha evidenziato che mediante tale tecnica si possono modellare i contatti tra i corpi, la cedevolezza distribuita della struttura meccanica, lo smorzamento concentrato, l'attrito statico e dinamico e il controllo in retroazione. Questa tecnica verrà ulteriormente studiata e confrontata con altre.

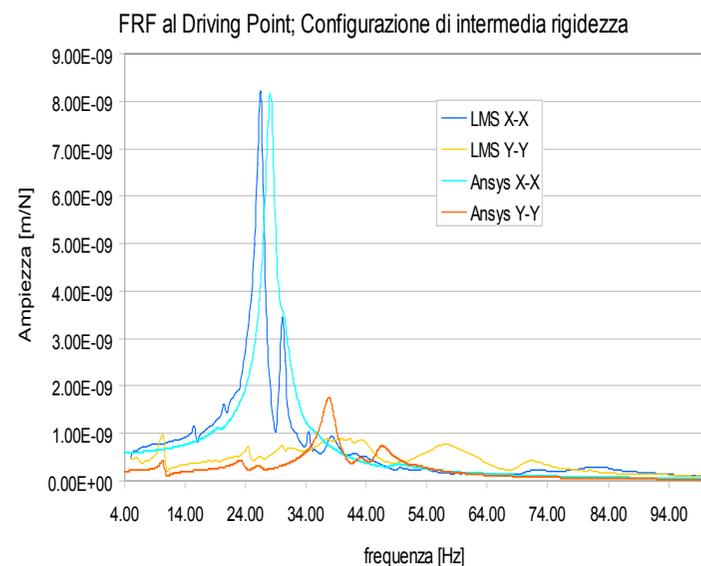


Fig.2 FRF Confronto numerico-sperimentale

Simona Leo durante il periodo di stage ha affiancato il team di sviluppo del progetto e-Race, progetto che attualmente rappresenta lo stato dell'arte per la manipolazione automatizzata. Il progetto nasce dalla collaborazione fra Sintesi, Masmec ed Electrolux e ha come obiettivo l'automatizzazione della fase di assemblaggio delle vaschette per detersivo che equipaggiano le lavatrici Electrolux e prevede lo sviluppo di una classe di sistemi robotizzati di assemblaggio, nei quali viene fatto ampio uso di "asservimenti cooperanti".



Laurea:

Ingegneria Informatica
Politecnico di Bari

Titolo tesi:

A genetic algorithm for supply chain management operations

Project work:

Assemblaggio Robotizzato

Tutor:

Ing. S. Ettore

Assemblaggio Robotizzato: obiettivi e problematiche

Il progetto e-Race ha come contesto applicativo l'automatizzazione della fase di assemblaggio delle vaschette per detersivo, mediante manipolatori cooperanti e controllo della loro interazione.

Al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati per il progetto, è stato dapprima necessario individuare le principali problematiche richieste dal task, verificando anche che le risorse disponibili fossero adatte alla loro soluzione.



Fig1 Vaschetta da assemblare

Trattandosi di processi di assemblaggio di materiali flessibili, le due principali problematiche incontrate sono state:

- la necessità di un'elevata accuratezza di posizionamento per il processo di manipolazione e di assemblaggio;
- la criticità nell'interazione e nella manipolazione automatica degli elementi dovuta all'elasticità dei componenti.

Per risolvere entrambe le questioni è stato utilizzato un sistema di controllo dell'interazione che ha previsto l'uso di un sensore di forza, in grado di compensare eventuali cali di precisione nel posizionamento (dovuti ad esempio ad una conoscenza non perfetta dell'area di lavoro e/o all'elasticità dei componenti da assemblare) e facendo sì che l'interazione tra gli oggetti da assemblare non sia più gestita solo in termini di posizione ma anche in termini di forza e di coppia tra il manipolatore e l'ambiente.

I risultati

Il coinvolgimento di Sintesi all'interno del progetto è relativo allo sviluppo di un software in grado di effettuare il controllo per la gestione della cooperazione dei robot e la manipolazione di oggetti flessibili per il montaggio attraverso l'uso di Orchestra Control Engine, la suite software di controllo open source sviluppata da Sintesi.

La scelta di Orchestra è derivata dalla necessità che il sistema complessivo di controllo dovesse essere esteso ed adattato a tutti i manipolatori scelti per la realizzazione della cella prototipale. La piattaforma di controllo infatti rende più semplice l'interazione tra gli elementi, soprattutto nella fase di coordinamento dei compiti dei robot. Inoltre in questo modo è stato possibile ottenere anche una più semplice portabilità del codice, consentendo un utilizzo dello stesso in modo quasi indipendente dall'architettura sottostante.

La presenza di un sensore di forza sull'organo terminale ha permesso di implementare con successo due tecniche di interazione utili al caso:

- Il controllo d'impedenza, attraverso cui è possibile assegnare al manipolatore un comportamento cedevole;
- Il controllo di forza, con cui è possibile regolare direttamente la forza esercitata dal manipolatore ad un valore stabilito.

Un'evoluzione del controllo complessivo ha inoltre permesso di implementare una forma di adattamento del controllo d'impedenza alle condizioni nelle quali i manipolatori si trovano ad operare. In questo modo il singolo manipolatore è in grado di adattare all'ambiente le proprie caratteristiche di cedevolezza, oppure al contrario di rigidità, imposte dall'utente per i compiti di manipolazione; dall'altro lato, anche nel caso di controllo di forza, la regolazione della misura ad un valore stabilito può avvenire senza la necessità di tarare in maniera accurata i valori dei parametri a seconda dell'ambiente in quanto sono questi ultimi a modificarsi per ottenere un controllo della forza il più stabile e preciso possibile.



Fig2 Esempio di controllo per l'interazione

Monitoraggio, misura e controllo oscillazioni e vibrazioni

Il Project Work

Masterando: **Vitantonio Esperto**

Le principali attività del masterando Vitantonio Esperto si inseriscono all'interno dell'ambito relativo alle metodologie del controllo attivo delle vibrazioni. In particolare il progetto ha come obiettivo finale la realizzazione di un sistema di controllo attivo delle vibrazioni, il quale, attraverso il trattamento dei dati derivanti da uno o più sensori posizionati in uno o più punti della macchina, determina l'ampiezza e la frequenza dei modi di vibrare e li smorza con un opportuno attuatore (esterno a quelli appartenenti alla macchina).



Laurea:

Ingegneria Meccanica
Università di Salerno

Titolo tesi:

Formatura laser di FeE355:
analisi sperimentale dell'influenza
dei parametri di processo sulle
caratteristiche meccaniche e fisiche.

Project work:

Controllo Attivo Vibrazioni

Tutor:

Ing. I. Leone

Controllo Attivo delle vibrazioni: obiettivi e problematiche

Nelle macchine utensili le vibrazioni generate nelle condizioni operative possono compromettere la qualità delle lavorazioni o, comunque, limitare le prestazioni. Utilizzando opportuni dispositivi esterni alla macchina (sensori e attuatori), unitamente ad un efficace sistema di controllo, è possibile smorzare quelle vibrazioni che maggiormente penalizzano le prestazioni e che sono caratterizzate da frequenze superiori a quelle della banda passante degli azionamenti.

Per raggiungere l'obiettivo finale del progetto nel quale si inquadrano le attività del project work sono stati effettuati dei test case. In particolare è stata

utilizzata una macchina utensile atta alla produzione di carter Minarelli in alluminio; tale macchina, MCM SPI-1, realizzata da MCM, vanta prestazioni elevate, legate soprattutto alle sue caratteristiche costruttive (struttura rigida, motori lineari, lubrificazione minimale,...);

Nello specifico, le attività principalmente svolte sono state le seguenti:

1. Ricerca sullo stato dell'arte dei sistemi di controllo attivo delle vibrazioni;
2. Test sulla tavola dinamometrica da utilizzare per misurare le forze in gioco durante la lavorazione dei vari panetti (blocchetto di alluminio da lavorare);
3. Scelta delle modifiche da effettuare sulla macchina test case e del set-up da utilizzare per procedere con le prove pianificate; progettazione delle interfacce per il collegamento tavola dinamometrica/macchina e tavola dinamometrica/panetto;

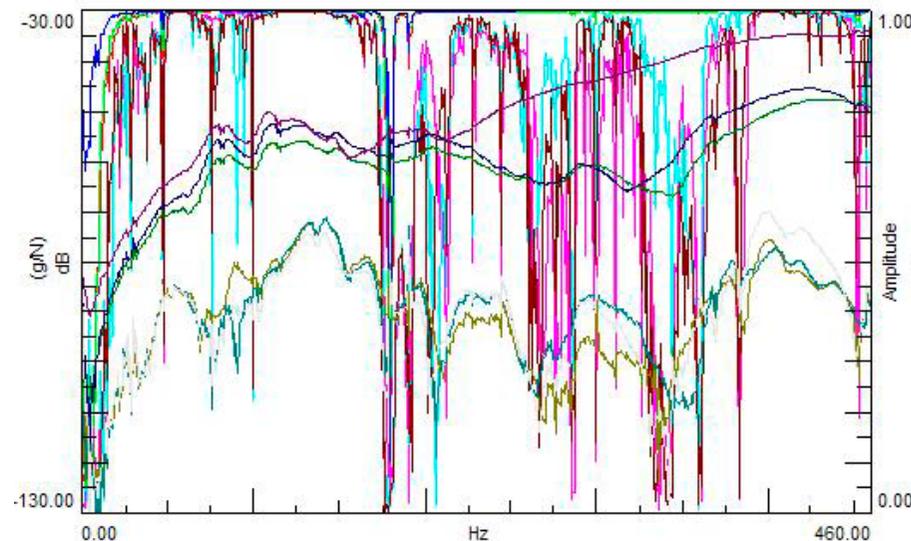
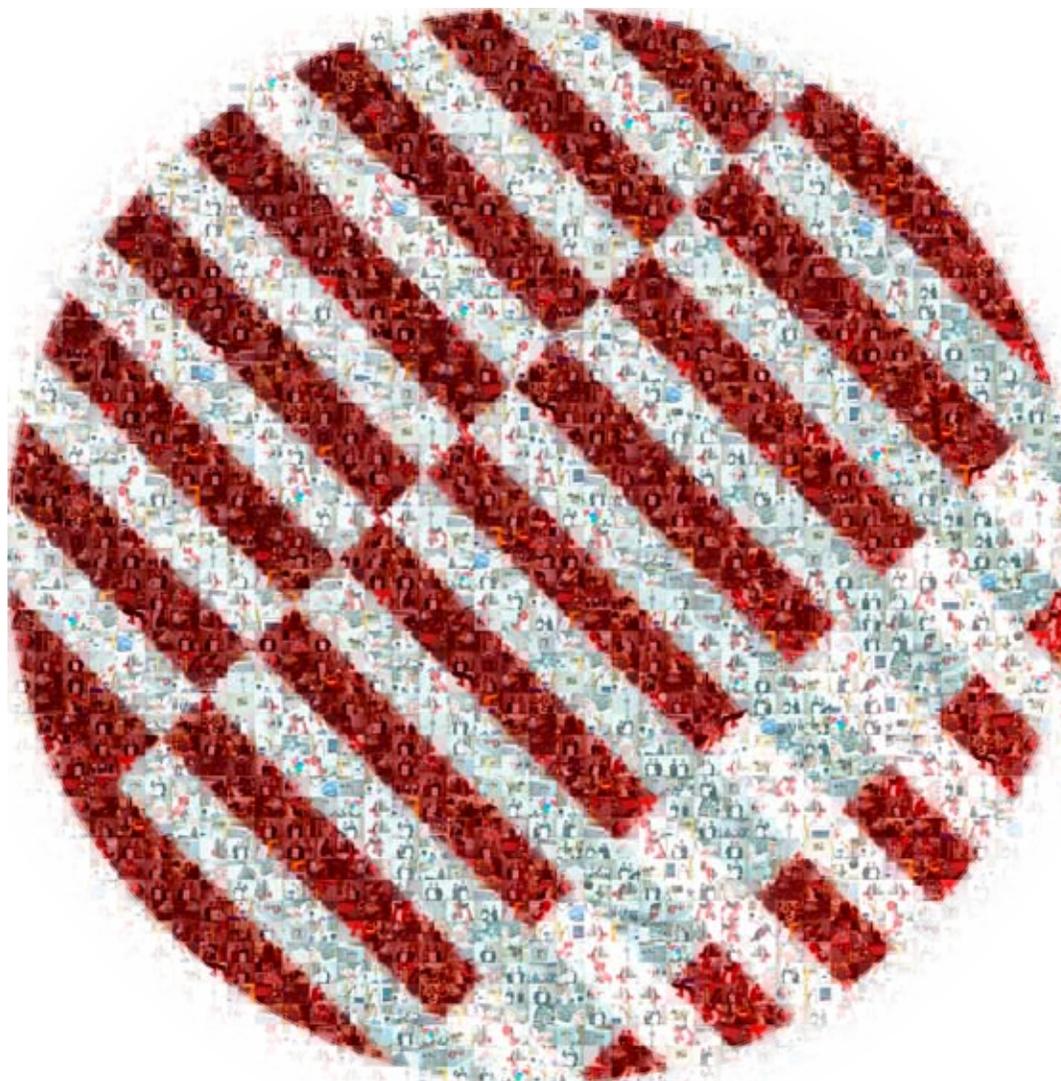


Fig1 Frequency Responce Functions sperimentali.

4. Analisi modale sperimentale su macchina test case, utilizzando il SW LMS Testlab e la tecnica dell'impact hammer. Questo test ha permesso l'individuazione delle caratteristiche dinamiche della macchina (frequenze proprie, modi propri) per la successiva validazione del relativo modello FEM; nella figura 1 sono mostrate alcune FRF valutate sperimentalmente;
5. Realizzazione e validazione del modello FEM della macchina test case e successiva generazione del superelemento, al fine di realizzare il modello mecatronico della macchina completa (integrazione degli aspetti meccanici, di controllo, di sensori e attuazione in ambiente Matlab/Simulink); il codice di calcolo utilizzato è stato Ansys 11.0;
6. Analisi modale sperimentale sulla macchina DMG (altro potenziale test case);
7. Realizzazione banco prova per testare gli attuatori, sia commerciali che proprietari, e gli algoritmi di controllo attivo delle vibrazioni.

I risultati

Al termine delle attività, gli obiettivi raggiunti sono stati, da un lato, la generazione di un modello numerico idoneo per le simulazioni del Sistema di Controllo Attivo delle Vibrazioni (attività propedeutiche ai test sperimentali) e, dall'altro, la realizzazione del lay-out per effettuare le attività sperimentali. Inoltre, la ricerca documentale e brevettuale su tale tematica ha rivelato un forte interesse da parte del mondo sia accademico che industriale. Un'analisi accurata dei brevetti ha mostrato inoltre che il controllo proposto da Sintesi presenta contenuti innovativi tali da poter procedere ad una richiesta di deposito di brevetto.



Master in Ricerca Industriale

V.le delle Magnolie, 4 Modugno(Ba) 70026 Tel. +39 080 2468.196 – Fax +39 080 2468.101
info@masterinricercaindustriale.it – www.masterinricercaindustriale.it