

DALLA PSEUDO-DINAMICA ALL'ALTA DINAMICA: SIMULATORI DI RICERCA E SVILUPPO



GRAZIE ALLA COLLABORAZIONE TRA L'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ENNA "KORE" E BOSCH REXROTH, NASCE IN ITALIA UNO DEI LABORATORI DI DINAMICA SPERIMENTALE E INGEGNERIA SISMICA PIÙ ALL'AVANGUARDIA D'EUROPA.

Gianandrea Mazzola

Italia vanta, è fuor dubbio, eccellenze trasversali tra i più diversi ambiti operativi. Dal settore moda all'alimentare, all'arredamento, senza tralasciare il comparto industriale dove oleodinamica, pneumatica, automazione, robotica, mecatronica, tanto per citarne alcuni, sanno sorprendere per la loro capacità di fornire creatività, design, qualità di prodotto e di processo.

Non sorprende nemmeno sapere di come l'innovazione e la ricerca made-in-Italy sia ovunque apprezzata e riconosciuta. Alla base di tanta competitività risiede una formazione spesso universitaria con poli accademici d'avanguardia e stimati in tutto mondo. Tra questi figura anche la siciliana Kore, giovane Università degli Studi di Enna, realtà che in un solo decennio di storia

ha saputo ritagliarsi una posizione di eccellenza nel panorama nazionale (e internazionale); ciò attraverso la realizzazione di strutture accademiche multiscopo, servizi innovativi, laboratori all'avanguardia, che hanno creato le basi per rapporti studente/docente di alta qualità. Questa Facoltà di Ingegneria e Architettura, è stata coinvolta in diversi progetti di “Ricerca Industriale” e di “Potenziamento Strutturale” finanziati dal Programma Operativo Nazionale “Ricerca e Competitività”. Tra questi anche quello riguardante il progetto L.E.D.A. (Laboratory of Earthquake engineering and Dynamic Analysis) per la costruzione di un centro di ricerca e diversi laboratori operanti nei campi dei “Materiali e Strutture” e della “Dinamica Sperimentale”. Una sfida ambiziosa nella quale Bosch Rexroth Italia ha svolto un ruolo da protagonista in ambito progettuale, tecnologico ed esecutivo.

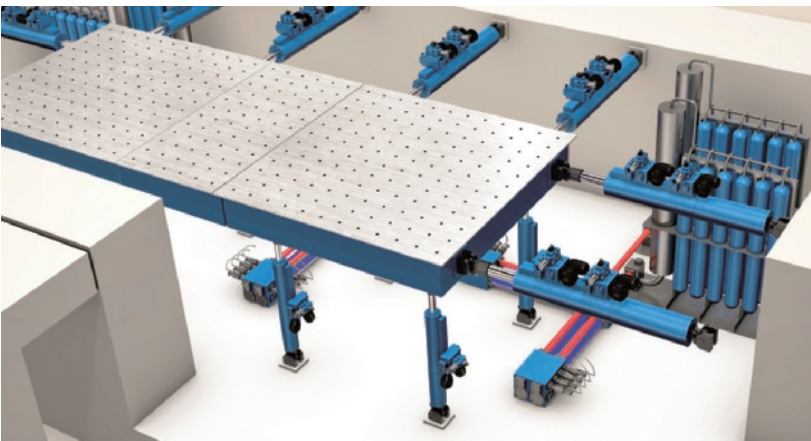
L'innovazione al servizio della ricerca

«Una sfida vinta – precisa l'ing. Bruno Fazzari, responsabile della Systems & Solutions Division in Bosch Rexroth Italia – sia in termini di tempo che di costi previsti per la messa in funzione di quello che oggi è, a tutti gli effetti, uno dei più grandi simulatori sismici e di analisi dinamica d'Europa».

In occasione dell'inaugurazione del nuovo anno accademico, il centro di Ricerca è infatti divenuto operativo per occuparsi dell'analisi dinamica in generale e, in particolare, dell'analisi di strutture civili sottoposte a sollecitazioni sismiche. Bosch Rexroth Italia, azienda vincitrice della gara d'appalto per equipaggiare e attrezzare l'intero laboratorio di dinamica sperimentale, si è occupata della progettazione e della realizzazione di due simulatori sismici, in grado di riprodurre le accelerazioni del terreno della maggior parte degli eventi sismici registrati nel mondo.

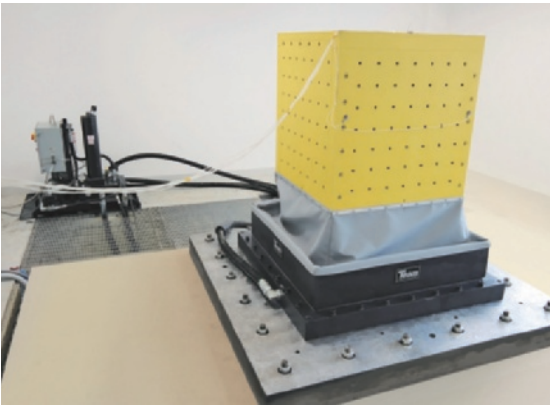
«Su ognuno di questi simulatori – spiega Fazzari – potranno essere realizzati modelli in scala ridotta o al vero per l'analisi sismica, oppure potranno essere posizionati dispositivi per la mitigazione del rischio sismico al fine di eseguire operazioni di qualifica».

I due simulatori sismici, constano di 2 tavole vibranti da 4 x 4 m, entrambi a 6 gradi di libertà (tre di traslazione e tre rotazioni), oltre a un sistema di controllo che permette sia l'uso separato, sia l'impiego congiunto finalizzato alla simulazione sismica su strutture di grande luce, come impalcati da ponte o sezioni di edifici industriali, soggetti a moti asincroni. In questo contesto, una delle attività più importanti e critiche del progetto è stata il dimensionamento di tutta la parte idraulica, ovvero la creazione di un apposito programma capace di definire tutte le potenze in gioco e, al tempo stesso, di cercare la migliore componentistica per poter realizzare l'intero sistema.



CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL SISTEMA DI TAVOLE VIBRANTI

Caratteristica	Singola tavola	Tavole accoppiate
Dimensioni	4 x 4 m	10 x 4 m
Payload	40 ton	100 ton
Intervallo operativi di frequenza	0,01 ÷ 60 Hz	0,01 ÷ 60 Hz
Corsa (assi orizzontali)	±400 mm	±400 mm
Corsa (assi verticali)	±250 mm	±250 mm
Velocità (assi orizzontali)	± 2,2 m/s	± 1,1 m/s
Velocità (asse verticale)	± 1.5 m/s	± 0,75 m/s
Accelerazione (assi orizzontali)	± 1,5 g	± 1,05 g
Accelerazione (assi verticali)	± 1,0 g	± 0,7 g
Momento ribaltante	60 ton·m (test triassiale)	100 ton·m (test triassiale)
	100 ton·m (test monoassiale)	100 ton·m (test monoassiale)



CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL BANCO PROVA IDRAULICO A SEI GRADI DI LIBERTÀ TEAM CUBE

Area di fissaggio	813 x 813 mm
Payload	450 kg
Forza dinamica	62 kN
Intervallo operativo di frequenza	0 ÷ 500 Hz
Corsa	X 100 mm, Y e Z 50 mm
Accelerazione (sistema a vuoto)	10,7 g (X), 9,6 g (Y), 9,7 g (Z)
Accelerazione (massimo payload)	9,2 g (X), 7,0 g (Y), 8,2 g (Z)

CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELLO SHAKER ELETTROMECCANICO UNIASSIALE

Payload	600 kg
Forza dinamica	35,6 kN
Intervallo operativo di frequenza	0 ÷ 3000 Hz
Corsa	76 mm
Velocità	1,8 m/s
Accelerazione (sinusoidale)	110 g (picco)
Accelerazione (random)	100 g (rms)



Per arrivare a un allestimento completo ed efficace, ma soprattutto a un'adeguata disposizione dei componenti Bosch Rexroth, forte dell'esperienza e di un know-how trasversale per competenze e innovazione, ha eseguito uno studio su diversi layout delle tavole vibranti oltre effettuare a un'analisi di tutti i loro possibili movimenti e tipologie di carico.



ING. BRUNO FAZZARI
RESPONSABILE DELLA SYSTEMS & SOLUTIONS DIVISION IN BOSCH REXROTH ITALIA.

La centrale idraulica: vero cuore pulsante

«Fin dalle fasi iniziali di sviluppo del layout – continua lo stesso Fazzari – ci si è resi conto che le attrezzature richieste per soddisfare i requisiti tecnici erano parte di ben tre laboratori con caratteristiche molto diverse tra loro: un laboratorio di pseudo-dinamica, uno per la simulazione sismica e un laboratorio di alta dinamica. La sfida è stata quindi quella di riuscire integrare dette aree per massimizzare la semplicità nella realizzazione delle prove, al fine di ridurre i tempi di preparazione e di aumentare l'efficienza del laboratorio stesso».

Lo sviluppo del progetto è così iniziato dalla centrale di potenza idraulica, vero cuore pulsante del sistema, la cui funzione è quella di trasformare l'energia elettrica (proveniente dalla rete) nell'energia idraulica richiesta per l'azionamento di quasi tutte le macchine

del laboratorio. Le prestazioni richieste alle macchine stesse hanno imposto la progettazione e lo sviluppo di una centrale di dimensioni (11 x 4 m per un'altezza pari a 2,5 m) e potenza (1,8 MW) di prim'ordine. La potenza idraulica è generata da 8 pompe mosse da altrettanti motori elettrici, ognuno da 200 kW, in grado di produrre una portata totale di 3.200 litri/min di olio a 280 bar di pressione.

«Per rendere più agevoli le movimentazioni di attrezzature nel laboratorio – aggiunge Fazzari – e per abbattere la rumorosità degli ambienti, migliorando le condizioni di lavoro, si è deciso di installare la centrale nel sotterraneo del laboratorio, il locale centrale. Per facilitare la movimentazione e l'installazione, la centrale è stata progettata in moduli di dimensione ridotta, in modo da poterli calare attraverso una botola nel locale centrale. Questo locale è stato poi sopalcato e su di esso sono stati installati il quadro elettrico di alimentazione della centrale e il compressore pneumatico». Dal locale centrale i tecnici Bosch hanno studiato come avrebbe dovuto essere la disposizione delle diverse attrezzature nel laboratorio al fine di poterle raggiungere agevolmente con le tubazioni per il trasporto dell'olio in pressione. Il focus del progetto è passato quindi all'attrezzatura più complessa e dimensionalmente più grande: il simulatore sismico.

UN PUNTO DI RIFERIMENTO E UN RISORSA NAZIONALE E INTERNAZIONALE

Tra le più giovani università non statali italiane, l'Università degli Studi di Enna "Kore" si è ritagliata una posizione di eccellenza nel panorama nazionale e internazionale, divenendo in poco più di un decennio un importante punto di riferimento. Risultato conseguito con un corpo docente tra i più giovani d'Italia, capaci di divenire loro stessi

il motore di crescita e d'innovazione continua per i circa 9.000 studenti iscritti. «Un risultato – spiega il prof. Ing. Giovanni Tesoriere, Preside della Facoltà – che ci rende orgogliosi e che da sempre si pone come grande risorsa per il territorio». Una crescita dettata anche dall'impegno profuso per realizzazione di progetti di

eccellenza. Tra questi anche il progetto L.E.D.A. (Laboratory of Earthquake engineering and Dynamic Analysis), finanziato dal Programma Operativo Nazionale per la Ricerca e Competitività 2007-2013 con il contributo di 10.750.000 euro del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale. «Il bando – spiega il prof. ing. Giovanni

Tesoriere – richiedeva di definire interventi di rafforzamento strutturale, ovvero la creazione o il potenziamento di strutture di ricerca in grado di contribuire a realizzare uno sviluppo del territorio e ad accrescere la competitività del sistema della ricerca nell'Italia meridionale. Indicazioni alle quali abbiamo risposto con un progetto per

la costruzione di un centro di ricerca operante nel campo dell'Ingegneria Sismica e dello studio delle vibrazioni». Il progetto, che ha superato una selezione tra gli 86 giunti in commissione, è stato realizzato in soli 3 anni (dal decreto di finanziamento al collaudo finale) e redatto da due giovani ricercatori della Università Kore:

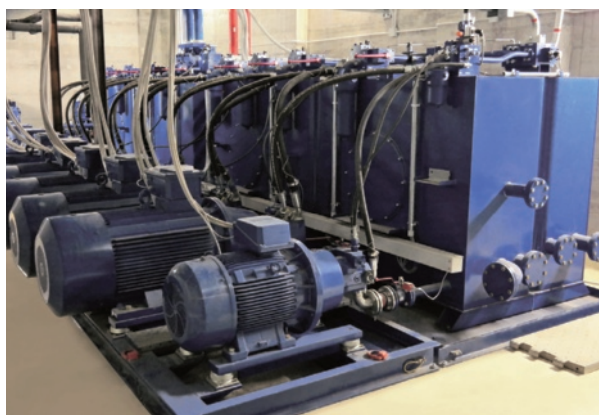
i Proff. Giacomo Navarra e Marinella Fossetti, poco più che trentenni. «Vorrei anche sottolineare – prosegue il prof. ing. Giovanni Tesoriere – che il progetto architettonico, la direzione dei lavori, il collaudo statico, il collaudo amministrativo e ogni altra competenza professionale, è stata eseguita da docenti



Il simulatore sismico

In sintesi, il simulatore sismico è un sistema che consente di riprodurre, su una tavola in acciaio, il movimento del terreno registrato durante un evento tellurico. Quello progettato per il laboratorio L.E.D.A., come già sottolineato, è dotato di 2 tavole vibranti quadrate di 4 m di lato e del peso di 13 t che possono funzionare separatamente o contemporaneamente. È prevista poi una terza modalità di funzionamento che prevede un elemento di connessione tra le due tavole in modo da avere un'unica tavola rettangolare di 4 x 10 m. «Ogni tavola – prosegue Fazzari – è mossa da 8 servoattuatori oleodinamici disposti ortogonalmente tra loro: 4 attuatori da 30 tonnellate forza che agiscono verticalmente sulla tavola, 2 attuatori da 50 tonnellate forza che agiscono su due lati perpendicolari della tavola».

La perfetta sincronia di movimento di questi 8 attuatori, gestita dal controllore real-time, consente di imprimere un movimento controllato alla tavola nei 6 gradi di libertà (3 traslazioni lungo gli assi X, Y, Z e 3 rotazioni attorno agli assi X, Y, Z) fino a frequenze di 60 Hz. La forza degli attuatori impiegati per questo sistema consente di accelerare le tavole e il loro carico (40 tonnellate per tavola), fino a 1,5 volte l'accelerazione terrestre nella direzione orizzontale e fino



In senso orario:

Vista attuatori di pseudodinamica.

La centrale idraulica, vero cuore pulsante del sistema tecnologico adottato per il progetto L.E.D.A., è in grado di erogare 1.6 MW di potenza e vanta un serbatoio da 15.000 litri.



Interno della massa sismica: in blu gli attuatori di movimentazione dei simulatori sismici e in grigio i telai di parcheggio delle due tavole del simulatore non ancora montate.



Vista interna del laboratorio L.E.D.A.

della Università senza alcun onere o compenso, e che le procedure tecnico-amministrative hanno ricevuto il parere positivo della Corte dei Conti Europea che non ha sollevato eccezioni». La caratteristica peculiare del centro è rappresentata dall'ampia gamma di prove sperimentali che possono essere condotte. Mediante

l'utilizzo di tavole vibranti ad alte prestazioni e grandi strutture di contrasto, è possibile condurre prove sismiche in modo da sfruttare pienamente la complementarietà tra entrambe le tecniche tradizionali della pseudo-dinamica e della dinamica. Inoltre, possono essere esplorate i più avanzati metodi di prova ibridi. «Peculiarità uniche ed

esclusive – aggiunge il prof. ing. Giovanni Tesoriere – a livello europeo. Nessun altro laboratorio in Europa, infatti, può vantare la contemporanea presenza di un muro di reazione di elevata capacità, di un sistema di tavole vibranti a sei gradi di libertà e di banchi vibranti ad alta dinamica». Eccellenza che vede in Enna, e nella Sicilia, una collocazione

strategica e centrale, in grado di offrire attività di ricerca e di test a tutto il bacino del mediterraneo. «Oltre al simulatore sismico – il prof. ing. Giovanni Tesoriere – è stato recentemente inaugurato anche un nuovo simulatore di volo full motion, che supporterà il nuovo laboratorio M.A.R.T.A. "Mediterranean Aeronautic Research & Transportation

Accademy", destinato allo studio delle reazioni del pilota allo stress. Un'iniziativa unica nel suo genere nell'intero territorio comunitario che permetterà di qualificare ulteriormente le attività formative e di ricerca nel settore aerospaziale sul cosiddetto "Human factor aeronautico" che si svolgono alla Kore».

La collocazione del simulatore rientra nel progetto Re.S.E.T. (Rete di laboratori per la sicurezza, sostenibilità ed efficienza dei trasporti in Sicilia), finanziato all'Università Kore, come capofila, e alle Università di Palermo, Catania e Messina, alle Provincie di Enna e Palermo e al Consorzio Universitario di Palermo.



PROF. ING. GIOVANNI TESORIERE
PRESIDE DELLA FACOLTÀ DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ENNA "KORE".

a 1 volta l'accelerazione terrestre nella direzione verticale. Prestazioni, queste, che consentono di riprodurre la quasi totalità dei sismi verificatisi in ogni parte del mondo.

«Per evitare – spiega Fazzari – la trasmissione delle vibrazioni prodotte dai simulatori sismici all'edificio, il simulatore è stato costruito su una struttura di cemento armato di 3.000 tonnellate, chiamata massa sismica,

che viene disaccoppiata dal terreno per mezzo di 96 attuatori pneumatici che la sollevano. Questa soluzione abbatte l'intensità delle vibrazioni trasmesse alle fondamenta dell'edificio, soprattutto quelle a più alta frequenza».

Il controllo del simulatore sismico è realizzato in real-time dal software del sistema di controllo installato sulle macchine all'interno della control room situata al piano terra del laboratorio. Tale sistema elabora le letture dei sensori di posizione, montati all'interno dei servomotori idraulici, generando un segnale con cui controlla le servovalvole di comando 4.000 volte al secondo. Questo garantisce la perfetta sincronicità degli attuatori e il movimento fluido delle tavole anche alle frequenze di movimento più elevate.

Questa attrezzatura, meglio definita come "sistema" per la sua complessità, richiede tutta la potenza fornita dalla centrale. Sotto il pavimento del laboratorio, a 6 m di profondità, nel corridoio che corre attorno alla massa sismica (realizzato per consentire l'installazione e la manutenzione degli attuatori pneumatici per l'isolamento dell'edificio dalle vibrazioni) si sviluppano le tubazioni oleodinamiche provenienti dalla centrale che raggiungono gli altri due laboratori: quello di pseudo-dinamica e quello di alta dinamica.

Questa scelta ha consentito di liberare il pavimento del laboratorio da ingombranti tubazioni, massimizzandone l'usabilità.

Dal corridoio sotterraneo le tubazioni dell'olio affiorano all'interno dello Strong Wall, dove si trova il blocco di distribuzione di pseudo-dinamica. A questo blocco, che consente di regolare la pressione e selezionare le utenze desiderate, vengono collegati i servomotori di pseudo-dinamica del laboratorio omonimo.



ING. MARINELLA FOSSETTI
ASSISTANT PROFESSOR IN TECNICA DELLE COSTRUZIONI ALL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ENNA "KORE", IDEATRICE INSIEME A GIACOMO NAVARRA DEL PROGETTO L.E.D.A. (LABORATORY OF EARTHQUAKE ENGINEERING AND DYNAMIC ANALYSIS).

ING. GIACOMO NAVARRA

ASSISTANT PROFESSOR IN SCIENZA DELLE COSTRUZIONI ALL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ENNA "KORE", IDEATORE INSIEME A MARINELLA FOSSETTI DEL PROGETTO L.E.D.A. (LABORATORY OF EARTHQUAKE ENGINEERING AND DYNAMIC ANALYSIS).



«Questi servomotori – precisa Fazzari – si muovono molto lentamente, ma per contro generano spinte molto elevate che possono raggiungere anche le 100 tonnellate di forza, e verranno impiegati per caricare la struttura di edifici costruiti sullo Strong Floor. Il controllo di questi attuatori è gestito da un sistema di controllo software installato su un hardware carrellato che può essere movimentato liberamente sullo Strong Floor stesso, in funzione della prova da eseguire».

Sempre dal corridoio sotterraneo un'altra diramazione delle tubazioni affiora nel laboratorio alta dinamica, dove è installato un banco prova oleodinamica ad alta frequenza (fino a 500 Hz). Questo banco, a forma di cubo, consente l'installazione sulla sua superficie dei campioni da provare in frequenza che poi verranno testati con vibrazioni sia traslazionali che rotazionali applicate lungo i 6 gradi di libertà. Anche questo banco è stato installato su una piccola massa sismica (14 tonnellate) isolata dal terreno per mezzo di 4 piccoli attuatori pneumatici.

«In questo laboratorio – segnala Fazzari – si trova anche uno shaker elettrodinamico, che non necessita di potenza idraulica, ma solo elettrica, e che può generare forze fino a 32 kN a frequenze che possono raggiungere le 3000 Hz. Le attrezzature di questo laboratorio sono controllate da un sistema di controllo dedicato che consente di eseguire una grandissima varietà di prove». Tutte le attrezzature descritte sono gestite a un livello superiore rispetto a quello dei singoli sistemi di controllo locali. Questo per garantire la sicurezza delle operazioni ed evitare la sovrapposizione di prove che possano influenzarsi negativamente l'una con l'altra. La logica che governa questa gestione è inserita nel Plc Rexroth all'interno del quadro elettrico generale del sistema.

L'innovazione per vocazione

Tutte le attrezzature progettate, sviluppate e fornite da Bosch Rexroth per il laboratorio L.E.D.A. rendono possibile l'esecuzione di prove di sollecitazione dalle bassissime frequenze della pseudo-dinamica, passando per le frequenze intermedie del simulatore sismico, fino ad arrivare alle altissime frequenze del laboratorio alta dinamica.

«Stiamo parlando – conclude Fazzari – di un range operativo sostanzialmente compreso tra lo 0 e i 3000 Hz, garantito da un unico costruttore. Una sfida difficile e complessa, trasformata in una grande opportunità che i ricercatori potranno sfruttare con interessanti benefici. Ciò significa poter offrire non solo innovazione, ricerca e sviluppo attraverso collaborazioni con università nazionali e internazionali, ma anche un servizio alle aziende operanti nel campo dell'ingegneria civile, meccanica aeronautica».