

Il dolce suono dell'idraulica



La chitarra sperimentale nell'insieme.

La ricerca nel campo dell'oleoidraulica avanza tende, allo stato attuale, a ridurre le emissioni sonore dei componenti idraulici; tuttavia, in questo caso, un progetto di ricerca sviluppato all'istituto Ifas di Aachen ha portato alla realizzazione di un sistema misto idraulico-pneumatico in grado di produrre suoni. Nella fattispecie è stata costruita una chitarra, denominata *Hidraulische Gitarre*, che sfrutta le migliori possibilità offerte dal moderno Fluid Power, in termini di controllistica e componenti ad alte prestazioni. Alla proficua cooperazione internazionale si aggiunge una compresenza nel sistema di elementi oleoidraulici e pneumatici; infatti, le corde sono poste in trazione da un si-

stema idraulico e pizzicate da plettri comandati da cilindri pneumatici.

Principio di funzionamento

La chitarra è uno strumento musicale il cui suono è generato dalla vibrazione delle corde, tese al di sopra della cassa armonica; la tastiera consente di accorciare la lunghezza della parte di corda vibrante, così da suonare le note desiderate. Di solito la mano sinistra preme le corde sul manico, mentre la destra pizzica le corde facendole vibrare. La chitarra discende dall'antico liuto arabo; solitamente vengono utilizzate sei corde, ma spesso esistono delle variazioni, la più nota delle quali è la chitarra a dodici corde. La chitarra elettrica ha un corpo solido, e il manico rinforzato da un'anima per

In via sperimentale è stata realizzata una chitarra elettroidraulica funzionante costituita da servovalvole per la tensione delle corde, plettri pneumatici e software dedicato per emettere la musica.

Questa soluzione sperimentale è stata presentata al Congresso Ifk. Si tratta di un'integrazione tra idraulica, meccanica e software

resistere alla trazione delle corde, in questo caso metalliche; produce un suono debole che necessita di amplificazione, a tale scopo vengono utilizzati i pick-up. Tali componenti, simili ad elettromagneti, convertono le vibrazioni delle corde in segnali elettrici che possono essere amplificati elettronicamente.

La relazione che determina la frequenza fondamentale di una corda è la seguente:

$$f = \frac{1}{l \cdot d} \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \rho}}$$

f: Frequenza propria di oscillazione

l: Lunghezza libera della corda

d: Diametro

F: Forza di trazione

r: Densità del materiale (acciaio).

Come si nota dalla formula, diminuendo la lunghezza della corda aumenta la frequenza di oscillazione, allo stesso modo però si può aumentare la forza di trazione mantenendo costante la lunghezza; si ottiene quindi che la frequenza è direttamente proporzionale alla radice quadrata della forza applicata. Questa relazione costituisce la base teorica dello sviluppo di un nuovo sistema per produrre note musicali. Nella chitarra idraulica, infatti, viene variata, tramite un controllo oleoidraulico, la trazione sulle corde, convenzionali corde da chitarra aventi lunghezza maggiorata; il suono viene quindi prodotto pizzicando le corde con plettri, aventi bassa rigidezza, azionati da attuatori pneumatici.

Musica digitale

La chitarra idraulica è stata studiata per suonare, in automatico, la musica scritta in formato Midi, il formato di file universalmente utilizzato per le partiture e per la trasmissione di dati tra gli strumenti musicali. Un file Midi è un file di dati: memorizza informazioni così come un file di testo può memorizzare un articolo; in questo caso invece di parole sono registrate delle note musicali. Il formato di tali file si basa su un protocollo di comunicazione usato per trasmettere dati tra i moderni strumenti musicali elettronici; tale protocollo prevede la trasmissione di informazioni riguardanti la nota suonata, il volume di tale nota e la durata. Oltre ai dati di base vengono trasferite anche altre informazioni riguardanti il tipo di suono, parametri di tempo, pa-

rametri di notazione e altro; il formato è binario e organizzato in sezioni dette Chunks, ogni sezione contiene uno o più valori organizzati secondo uno schema universale. Il formato Midi quindi si basa sulle note musicali, la cui conversione in suoni avviene in un secondo tempo, contrariamente a quanto avviene per esempio nei file di tipo Wave. Un file Wave memorizza il suono così com'è, in termini di segnale elettrico, analogamente a quanto succede in una scheda di acquisizione dati; in questo caso la mole di dati è notevolmente maggiore (100 a 1) e si perdono le informazioni relative alle note. Per contro il formato Midi dipende dallo strumento, in esso sono memorizzate solo le note musicali ma il timbro e il suono restano proprietari del sistema su cui il brano verrà suonato; nel file sono memorizzati codici di riferimento che individuano il tipo di strumento musicale tra una rosa di 128, secondo lo standard. In questo modo un sistema Midi standard è in grado di sintetizzare suoni associati a qualsiasi strumento musicale. Ovviamente la qualità è bassa: per migliorare la qualità si usano di volta in volta sintetizzatori più accurati basati su campioni reali dei suoni. I due sistemi, Midi e Wave, sono completamente differenti, ed hanno ognuno il proprio campo di applicazione; nel nostro caso, per controllare quello che a tutti gli effetti è uno strumento musicale, è opportuno utilizzare il formato Midi. Le note musicali sono memorizzate con una numerazione che rispecchia una tastiera di pianoforte; rispetto al pianoforte standard, ad 88 tasti il formato Midi permette di considerare suoni che eccedono le prestazioni di tale strumento, avendo

a disposizione 127 valori. Una relazione univoca lega quindi il numero della nota (di seguito nominato MidiCode) alla sua frequenza fondamentale; tale relazione, di seguito riportata, è riferita al valore del La fondamentale (440 Hz) identificato con il MidiCode 69.

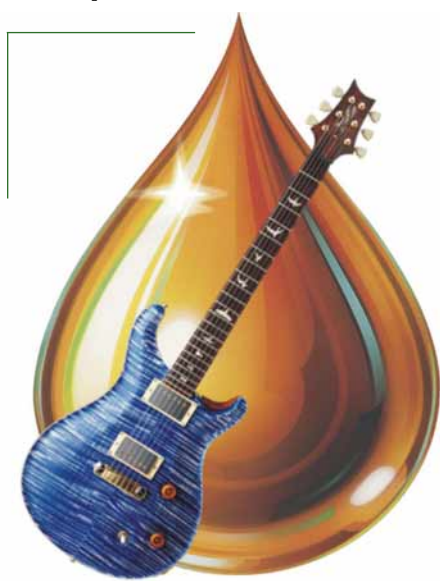
$$f = \frac{440}{32} \cdot 2^{\frac{\text{MidiCode}-69}{12}}$$

Come si nota, ponendo MidiCode=69 si ottiene $2^5 = 32$ da cui $f = 440$ Hz.

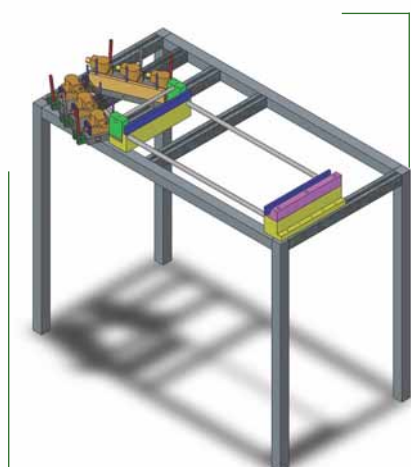
Il secondo parametro importante è il volume, discretizzato in 128 valori che corrispondono alla percentuale del volume massimo; tale parametro è denominato Velocity perché rappresenta l'intensità con cui si preme il tasto di un piano e, nelle tastiere elettroniche è misurato da un trasduttore di velocità sul tasto stesso. L'ultimo parametro che è stato preso in considerazione è ovviamente la durata della nota stessa; tutti gli altri parametri non sono rilevanti al fine dell'azionamento della chitarra e verranno quindi ignorati.

Costruzione meccanica

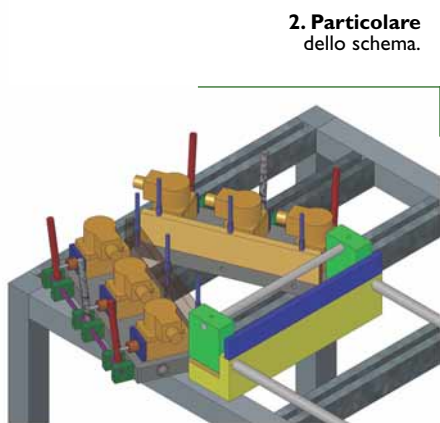
Le corde sono montate su un'intelaiatura metallica visibile in figura 1 e sostenute da due supporti in acciaio; tali supporti hanno la funzione di imporre la lunghezza libera di oscillazione alle corde e di consentirne la messa in trazione. Si usano convenzionali corde da chitarra aventi lunghezza maggiorata, prodotte dalla ditta Pyramid. Un estremo della singola corda è vincolato al corrispondente attuatore, mentre l'altro viene collegato ad una vite che permette di variare il pre-tensionamento iniziale; il principio è lo stesso di una chitarra tradizionale, girando la vite di ancoraggio si ottiene lo stesso effetto che in una chitarra si ha agendo sulle chiavette poste sul manico. Ogni attuatore è costituito da una servovalvola idraulica di marca Denison opportunamente modificata; il cassetto della valvola viene in questo caso utilizzato come attuatore. La disposizione delle valvole è visibile in figura 2. La servovalvola, del tipo jetpipe, è un modello co-



Logo della H-Gitarre.



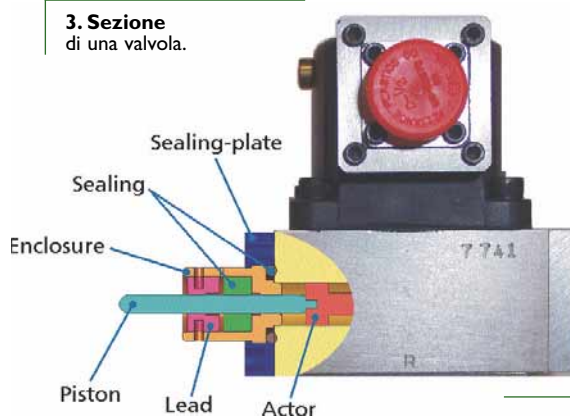
1. Schema costruttivo sviluppato con il CAD Solidworks.



2. Particolare dello schema.

mune caratterizzato da ottime prestazioni dinamiche; in essa si controlla la posizione del cassetto tramite un ugello pilota che alimenta due camere poste agli estremi del cassetto stesso. Lo spostamento del cassetto risulta quindi legato, con relazione molto vicina alla linearità, alla corrente di alimentazione dei solenoidi; in altre parole risulta possibile utilizzare una servovalvola, opportunamente modificata, come attuatore idraulico estremamente veloce. Una sezio-

3. Sezione di una valvola.



4. La parte idraulica.



5. Plettri a comando pneumatico.

ne dell'attuatore è visibile in figura 3. Il corpo delle valvole è stato modificato per permettere al cassetto di agire all'esterno; è stato costruito un opportuno supporto, simile ad una testata di un cilindro idraulico, munito di tenute a pressione. Il supporto in questione, che può a tutti gli effetti essere considerato una testata, viene montato al posto di una delle placche di chiusura che costituiscono le estremità della valvola. La trasmissione del moto avviene quindi trami-

te una barra, in acciaio cementato, vincolata al cassetto principale e passante attraverso il supporto. Lo spostamento massimo del cassetto è di circa 3 mm, viene quindi amplificato di 5 volte tramite una leva di terzo tipo; la forza massima esercitabile dal cassetto, stimata in circa 150 kg viene ridotta di 5 volte ma rimane comunque estremamente elevata rispetto ai valori reali di trazione su una normale corda da chitarra. L'alimentazione, come per la maggior parte delle ser-

vovalvole, è a pressione costante pari a 3.000 psi (210 bar), ed è fornita da una centrale idraulica opportunamente dimensionata per alimentare un gruppo di sei valvole; le valvole sono assemblate, su piastre portanti, in due gruppi di tre disposti simmetricamente rispetto alla linea mediana della chitarra visibili in figura 4.

L'esecuzione delle note è affidata a sei plettri, uno per corda, azionati da cilindri pneumatici a cartuccia aventi dimensioni molto ridotte mostrati in figura 5; i cilindri sono a semplice effetto e si sfruttano entrambi i versi di movimento essendo il ritorno azionato da una molla.

Il controllo dei cilindri avviene tramite valvole digitali pneumatiche prodotte dall'italiana Matrix; un'opportuna scelta dei parametri di controllo

permette di sincronizzare al millesimo di secondo l'azionamento dei plettri con le variazioni di trazione in modo da coprire il fastidioso effetto derivante dal cambio continuo di frequenza.

Per convertire le vibrazioni delle corde in un segnale elettrico vengono utilizzati tre pick-up tipo Humbucker, ovvero a doppio avvolgimento; rispetto ai pick-up singoli hanno il vantaggio di una sensibilità ridotta alle interferenze elettromagnetiche, ad esempio la frequenza di rete.

Ogni pick-up è associato a due sole corde e può essere sollevato o inclinato in modo da aggiustarne la sensibilità; infatti variando la distanza tra i poli e la corda si variano le caratteristiche di riproduzione del suono. Inoltre, i tre pick-up sono collegati ai tre canali di un mixer, questo per avere una maggiore possibilità di controllo sul suono; in tal modo si riesce a otte-

nere una qualità di riproduzione accettabile, tenuta conto la costruzione industriale del prototipo. Il segnale audio a basso livello proveniente dai pick-up viene inviato all'ingresso microfono della scheda audio del computer di controllo; in questo modo è disponibile in uscita un segnale amplificato e meno sensibile ai disturbi. Inoltre, la scheda audio permette di svolgere interessanti funzioni di analisi del segnale, utili per accordare la chitarra.