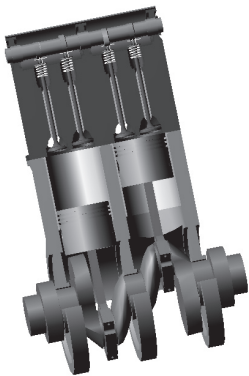


Engine Simulations With SIMPACK

The extensive functionalities of SIMPACK make it an excellent MBS tool for modelling engines, valve controlling systems and engine bearings. Its database concept allows to setup according models with an optimum efficiency, the quality of its solvers to study high frequency oscillations in detail. As a result of the continuing development of contact models the virtual prototyping of innovative valve controlling systems has become feasible.



Engine Bearing Forces

The forces acting on engine bearings are mostly dependent on the inertia forces resulting from accelerations and decelerations of the pistons and conrods. Also the forces that result directly for the internal combustion have a substantial influence.

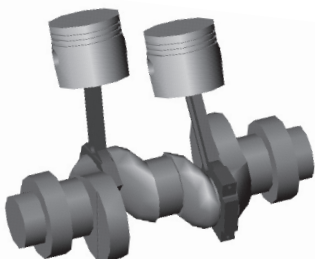
The effort required for modelling an engine model to calculate those loads has been reduced to a minimum within SIMPACK. Cylinder units, incorporating piston rods and combustion dynamics, can be saved as substructures to the SIMPACK database and combined into main models to create several possible cylinder layouts (row or V-layout, boxer engine). These substructures can be absorbed within the main model, or remain actively linked to the database to ensure that changes in the substructure are reflected in the main model. Parameterised models can be created so that changes to the model can be made by simply changing parameter values (e.g. cylinder capacity). The interfaces between SIMPACK and CAD systems like Pro/ENGINEER and CATIA that accurate data for mass, inertia and geometry of the engine parts is provided with an optimum efficiency. The algorithm used by SIMPACK to generate the system equations ensures that only

a minimal number of equations of motion in terms of relative co-ordinates is needed to describe the system, resulting in optimal calculation speed. This reduced effort required for creating and solving models in SIMPACK leads to a substantial cutback in modelling and analysis costs. The simulation of a two cylinder engine with for instance five thousand rotations per minute is solved in just a few seconds and provides the forces acting on the crankshaft and bearings.

Computer modelling is increasingly used in the application areas of fluid and combustion dynamics. To incorporate the result of a computer simulation or the measurement of the combustion dynamics in SIMPACK, a data-source is required that describes the cylinder pressures or forces as a function of the crankshaft's rotational velocity and angle. A predefined SIMPACK CONTROL module enables this data to be incorporated in a mechanical model.

Engine Mount Design

The engine mounts - rubber bushings as well as hydro-mounts - can be simulated with several models incorporating frequency and amplitude dependent characteristics. A special SIMPACK pre-processor enables



the approximation of frequency dependent characteristics by a curve fit of a transfer polynomial and provides automatically provides the bushing elements with the necessary parameters. The use of elastic bodies in SIMPACK allows a thorough analysis of engine mounts interacting with a flexible chassis.

Apart from the solver in the time domain for the analysis and optimisation of engine mounts, a solver in the frequency domain can be used to interpret the characteristics of the engine mounts. These two solvers can also be used with parameter variation calculations and the advanced optimisation module in SIMPACK.

Valve Drive Design

SIMPACK in general and its robust solvers in particular enable very effective analysis of valve systems.

The contact models integrated in SIMPACK for point, line and area contact are ideally suitable for the modelling of valve controlling systems. The contact model for conventional systems, for instance with rocker levers, can be reduced to a numerical and stable contact model described by two curves - one for the cam, the other for the contact area of the rocker lever. The contact surfaces can be defined from within SIMPACK or imported from a CAD-program. A special Spline-Algorithm allows closed splines to be defined, so that contact models of shafts with an unlimited number of revolutions can be simulated.

For the simulation of innovative valve systems with variable valve peaks in order to replace the damper flap in petrol engines, a contact model between two arbitrarily shaped bodies is used. SIMPACK CONTROL or

the combination of SIMPACK with CACE-tools such as MATLAB Simulink or hydraulic and pneumatic simulation tools such as AMESim enable the simulation of electro-magnetic, pneumatic or hydraulic control of the valve actuation.

The contact points for all the different types of geometrical contact models can be modelled rigidly or as a force element, representing elastic deformations of the contact patch. Experience has shown that the brief periods of loss of contact and re-contact between rocker arm and tappet can be simulated effectively without any numerical problems. The root function system integrated into SIMPACK allow the solver to communicate with the contact elements. Consequently the time step will automatically be reduced when an instability in the time integration is suspected. This method ensures that the time step is only reduced when high accuracy and stability is required, while a larger time step is used in other areas to reduce the calculation time. These features of SIMPACK are also apparent when mechatronic models in conjunction with MATLAB Simulink are used as the SIMPACK solver is still responsible for the mechanical model when the co-simulation interface is used.

Camshaft drive systems can be modelled as a simple constant transfer ratio between crankshaft and camshaft. In case their elasticity is a matter of interest more complicated models incorporating elastic belts or chains are used.

Finally, the valve springs can be modelled as elastic bodies, either through the SIMPACK pre-processor BEAM or through an external FEM-program.

La simulazione dei motori con SIMPACK

La estesa funzionalità di SIMPACK rende questa applicazione per sistemi „multi-body“ ideale per la modellizzazione dei motori, delle distribuzioni a valvole ed dei cuscinetti. Il concetto di “database” su cui è basato permette di costruire modelli con grande efficienza ed ottimizzazione, la qualità dei metodi risolutivi permette di studiare oscillazioni ad alta frequenza in dettaglio e, per il continuo sviluppo di modelli di contatto, è divenuto possibile generare innovativi prototipi di distribuzioni a valvole.

Forze sul cuscinetto del motore

Le forze agenti sul cuscinetto del motore sono principalmente dovute alle forze di inerzia risultanti dalle accelerazioni e decelerazioni dei pistoni e delle bielle. Inoltre, anche le forze che vengono generate dalla combustione interna costituiscono un elemento di rilievo. Lo sforzo necessario per modellizzare un motore e per poter quindi calcolare tali forze è stato ridotto al minimo in SIMPACK. I cilindri, i quali comprendono i pistoni, le bielle e la dinamica della combustione, possono essere salvati nella banca dati (“database”) di SIMPACK come sottostrutture le quali possono poi essere assemblate in modelli principali per generare diverse configurazioni (in serie o a V, a sogliola). Queste sottostrutture possono essere inglobate nel modello principale del motore, oppure rimanere attivamente connesse alla banca dati per permettere che cambiamenti nelle stesse vengano eseguiti automaticamente anche nel modello principale. I modelli possono essere parametrizzati in modo che cambiamenti di design possono essere effettuati semplicemente variando i parametri (per esempio, la cilindrata). L'interfaccia tra SIMPACK e sistemi CAD come Pro/ENGINEER e CATIA permettono di ottenere dati come la massa, la inerzia e la geometria dei componenti del motore, con ottima efficienza. L'algoritmo utilizzato in SIMPACK per generare le equazioni del moto del sistema genera un insieme minimo di equazioni necessario a descrivere il sistema stesso, ottimizzando così il tempo di calcolo.

Questa riduzione di onere necessario a creare e risolvere modelli in SIMPACK permette di ridurre i costi di modellizzazione ed analisi in modo significativo. La simulazione di un motore a due cilindri che opera, ad esempio, a cinque mila giri al minuto, è risolta in pochi secondi e vengono

inoltre fornite in uscita le forze agenti sull'albero a gomiti e sul cavalletto. La modellizzazione computazionale viene oggi giorno utilizzata sempre più spesso in aree applicative come la fluidodinamica e la dinamica della combustione. Per introdurre il risultato di una simulazione al computer o le misure di una combustione in SIMPACK, è necessario generare una sorgente dati che descriva la pressione o la forza dei cilindri in funzione della velocità rotazionale o dell'angolo dell'albero a gomiti. Un modulo predefinito di SIMPACK (Simpack CONTROL module) permette di introdurre questi dati nel sistema meccanico.

Progetto dei cuscinetti del motore

I cuscinetti del motore – cuscinetti a gomma oppure cuscinetti idraulici – possono essere simulati con diversi modelli i quali contengono caratteristiche dipendenti dalle frequenze e dalle ampiezze in gioco. Un pre-processore di SIMPACK dedicato permette di eseguire una approssimazione delle caratteristiche che dipendono dalla frequenza tramite la interpolazione di una funzione di trasferimento polinomiale, in modo da ottenere immediatamente gli elementi dei cuscinetti con i parametri necessari. L'utilizzo di elementi elastici in SIMPACK permette una approfondita analisi della interazione tra i cuscinetti ed una struttura flessibile. Oltre alla possibilità di risolvere il moto nel dominio del tempo per la analisi e la ottimizzazione dei cuscinetti, la risoluzione nel dominio della frequenza può essere utilizzata per determinare le caratteristiche degli stessi. Questi due metodi possono essere applicati con una variazione parametrica e con l'avanzato modulo di ottimizzazione di SIMPACK.

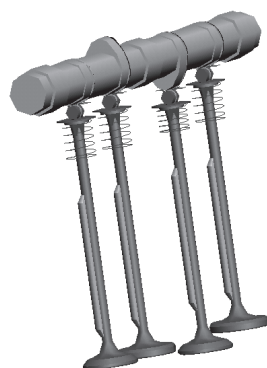
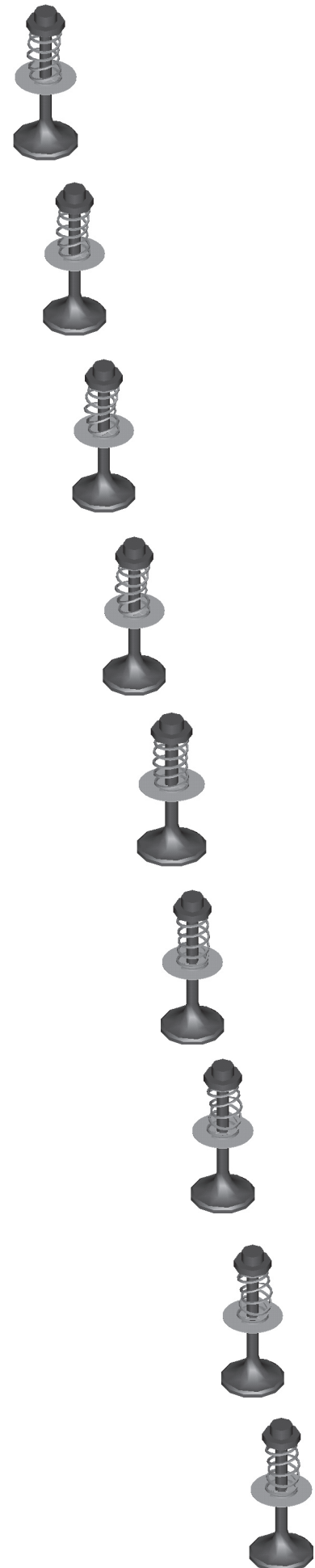
Progetto del sistema delle valvole

Simpack permette di eseguire analisi molto approfondite di sistemi di valvole. I modelli di contatto integrati in SIMPACK per contatto puntuale, di linea o di superficie sono ideali per la modellizzazione di sistemi di controllo di valvole. I modelli di contatto per modelli convenzionali, ad esempio con i bilancieri, possono essere rappresentati con un modello di contatto numerico stabile descritto da due curve – una per la camma, l'altra per l'area di contatto del bilanciere. Le superfici di contatto possono essere definite in SIMPACK oppure possono essere importate da un programma CAD. Un algoritmo particolare permette di definire delle curve ("splines") in modo che possano essere simulati modelli di contatto per alberi con un numero illimitato di rivoluzioni. Per la simulazione di sistemi di valvole innovativi con

picchi di valvola variabile, in modo da poter rimpiazzare la valvola a farfalla in motori a benzina, viene utilizzato un modello di contatto tra due corpi di forma arbitrariamente definita.

Il modulo SIMPACK CONTROL o la combinazione di SIMPACK con "CACE-tools" come MATLAB Simulink, o sistemi di modellizzazione di sistemi idraulici e pneumatici come AMESim, permettono la simulazione di controlli elettromagnetici, pneumatici o idraulici per l'attuazione delle valvole. I punti di contatto per tutti i tipi di modelli geometrici di contatto possono essere modellizzati rigidamente o elasticamente, rappresentando deformazioni elastiche della zona di contatto. L'esperienza ha dimostrato che i brevi periodi di perdita di contatto e ripresa di contatto tra il bilanciere e la camma possono essere simulati con successo senza alcun problema di carattere numerico. Il sistema "root function" integrato in SIMPACK permette l'interazione tra il processo risolutivo e gli elementi di contatto. Di conseguenza, il passo di integrazione temporale viene automaticamente ridotto quando sorge un sospetto di instabilità nella integrazione. Questo metodo assicura che il passo temporale venga ridotto solo quando è richiesto un alto grado di precisione e di stabilità, mentre un passo temporale più lungo può essere utilizzato in altre aree per ridurre il tempo di calcolo complessivo. Queste caratteristiche di SIMPACK sono riscontrate anche per modelli meccatronici utilizzati in congiunzione con MATLAB Simulink, dato che SIMPACK è comunque responsabile del modello meccanico quando viene utilizzata tale interfaccia di simulazione.

Il comando dell'albero a camme può essere modellizzato come un semplice rapporto tra l'albero a gomiti e l'albero a camme. Nel caso si fosse interessati nella elasticità degli elementi che costituiscono il sistema, possono essere utilizzati modelli più complessi che includano chinghie dentate o catene. Infine, le molle delle valvole sono modellizzate come corpi elastici, attraverso l'utilizzo del pre-processore di SIMPACK BEAM o con l'utilizzo di programmi Fem esterni.



Contact: johannes.gerl@simpack.de