



### Tecniche di test e simulazione per impianti di controllo assetto cassa

Dipl. Ing. Gerald HAUSER<sup>(\*)</sup>, Dott. Ing. Emiliano GRANDI<sup>(\*\*)</sup>

#### Keywords

Simulazione, test, tilting, assetto cassa, debug software, verifica, validazione, messa in servizio.

#### Introduzione

L'attuale architettura dei sistemi ad assetto variabile ("tilting") su rotabili ferroviari prevede, a partire dalla fine degli anni '90, l'utilizzo di più unità intelligenti distribuite sui veicoli, connesse tra loro tramite linee di comunicazione seriali ed interagenti in modo complesso con altri sistemi a bordo treno, come esemplificato in fig. 1 ed in fig. 2.

Tale architettura di sistema si rende necessaria per soddisfare i sempre più restrittivi target di missione (affidabilità) e di disponibilità del prodotto finale ed avere, al contempo, una modularità che permetta di adattare il progetto caso per caso secondo le esigenze e i requisiti di ciascun cliente.

Il test del sistema, ai vari livelli di sviluppo del progetto è, di conseguenza, diventato sempre più difficile da effettuarsi sul prodotto finale, a causa di disponibilità molto ridotte dei rotabili stessi e di condizioni di test molto spesso non stabili e difficilmente riproducibili. L'elevata modularità, quindi il numero di dispositivi necessari a realizzare un sistema completo, il sempre più crescente interfacciamento mediante scambio di

informazioni su linea seriale digitale, rendono ormai impossibile la creazione di un intero sistema in laboratorio, a scopo di test, per problemi di costi e di spazi di cui disporre.

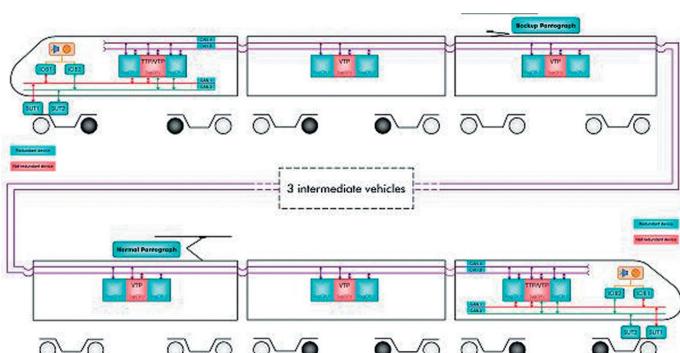


Fig. 1 - Esempio di architettura di sistema tilting di treno.

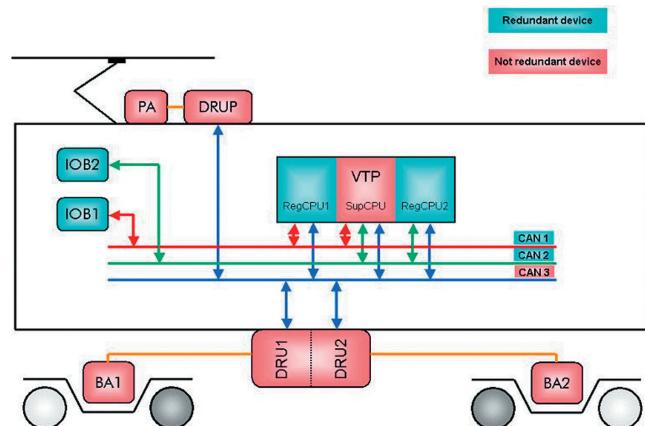


Fig. 2 - Esempio di architettura di sistema "tilting" di veicolo. Legenda: PA-DRUP: sistema d'attuazione per il pantografo; BA1-DRU1: sistema d'attuazione cassa lato carrello 1; BA2-DRU2: sistema d'attuazione cassa lato carrello 2; IOB1-IOB2: dispositivi acquisizione input/output analogico/digitali; VTP: centrale elettronica di controllo; CAN1, CAN2, CAN3: linee di comunicazione.

(\*) Alstom Ferroviaria, Savigliano.

(\*\*) Vedere Bibliografia.

## OSSEVATORIO

Per contrastare questa situazione e rispettare i sempre più stringenti requisiti di "time-to-market" e di manutenibilità, così come per garantire una più alta efficienza delle prove al banco e su treno per il sistema "tilting", Alstom ha sviluppato una nuova generazione di simulatori, aperti a tutte le future applicazioni su treni ad assetto variabile.

### Tecnologia e struttura del simulatore tilting

Le attuali tecnologie per lo sviluppo di impianti "tilting" prevedono un'attuazione di tipo elettroidraulico od elettromeccanica, oltre alla attuazione di tipo elettropneumatica per quanto riguarda gli impianti di laterale attiva. Ogni impianto è caratterizzato da una piattaforma comune (linee di comunicazione, schede elettroniche, sensoristica) e da un sistema di attuazione caratteristico e proprio del prodotto. Su questi presupposti si basa l'attuale architettura del simulatore, per il quale è prevista una base comune (Simulator Base o SimBa) che integra tutte le funzionalità di comunicazione secondo gli standard attuali (CAN, RS485, RS422, MVB) o futuri (ad esempio Ethernet). Utilizzando tale base è possibile caratterizzare la simulazione secondo l'architettura del sistema (numero di veicoli e di dispositivi intelligenti) e secondo la tipologia di impianto di attuazione adottato (idraulico, elettromeccanico), specificando ed inserendo i relativi modelli, specifici del progetto, nell'ambiente di simulazione, come schematizzato dalla fig. 3.

Il simulatore viene sviluppato secondo le attuali necessità di parametrizzazione, modularità e di manutenibilità del prodotto, così lo sviluppo è basato sull'utilizzo di linguaggio standard di tipo UML mediante l'ausilio di strumenti automatici per la generazione del codice. Le interfacce tra i dispositivi sono realizzate in linguaggio XML; il traffico dati sulle linee di comunicazione è definito mediante le stesse tabelle dei segnali, che vengono utilizzate anche per generare in modo automatico il codice applicativo reale. In questo modo sono garantite le minime discrepanze possibili tra la specifica del contenuto dei dati sulla linea seriale, i dati implementati sul

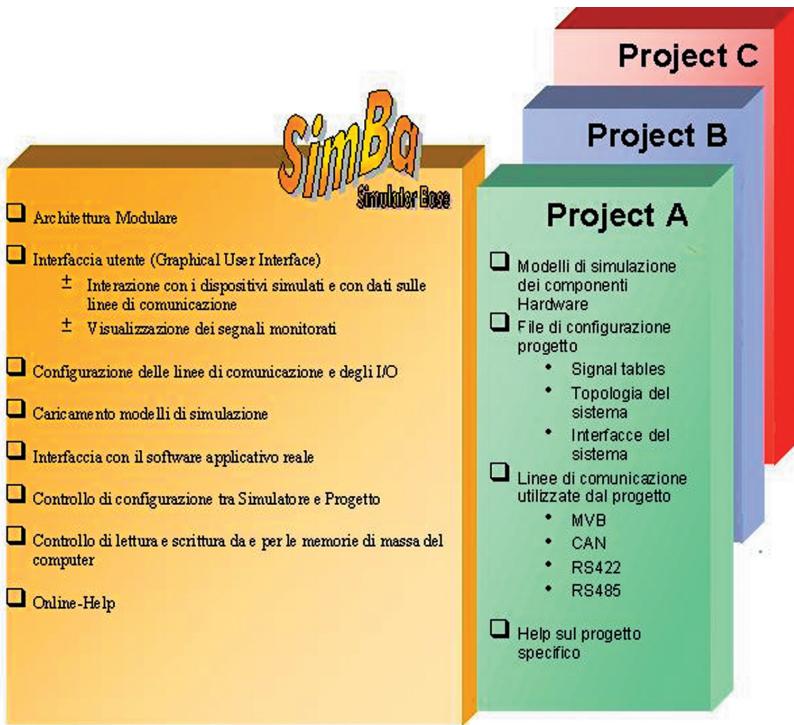


Fig. 3 - Struttura modulare del simulatore "tilting".

simulatore e quelli realmente disponibili nel sistema installato sul treno.

L'uso del Rational Unified Process (RUP) e il procedimento passo passo adottato nello sviluppo, garantiscono uno sviluppo incrementale dell'applicazione, con la possibilità di riconoscere eventuali problemi ad ogni iterazione, e non solo al termine del completo sviluppo.

La configurazione specifica di progetto viene caricata nel simulatore tramite specifici "files" di configurazione:

- File Progetto: definisce quali dispositivi appartengono al progetto ed il tipo di linee di comunicazione da utilizzare;
- Signal tables: definiscono il contenuto dei dati scambiati sulle linee di comunicazione;
- File Modello: definisce l'architettura del progetto, la gerarchia dei dispositivi e come questi sono collegati fisicamente e funzionalmente tra loro;
- DLL files: definiscono i modelli della simulazione dei dispositivi. Esiste un file DLL per ogni dispositivo simulato inserito nel modello.

Al caricamento del modello, SimBa definisce automa-

## OSSEVATORIO

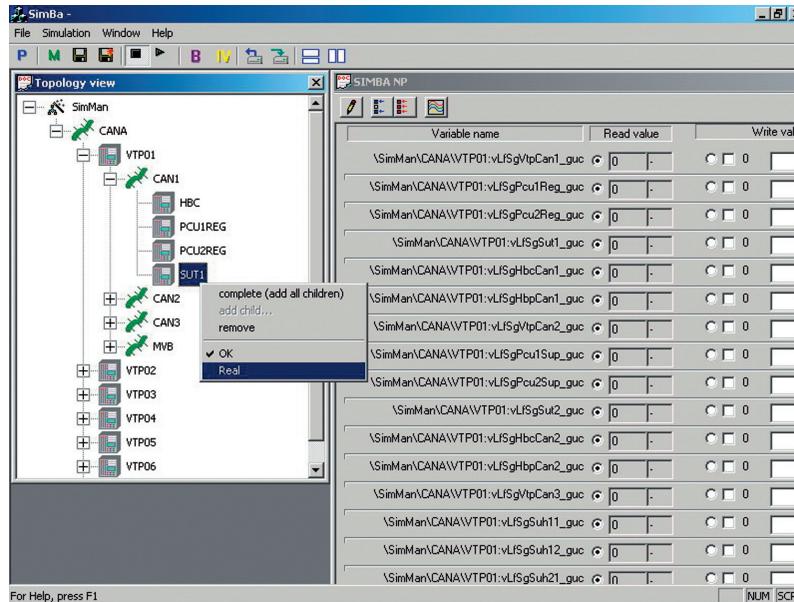


Fig. 4 – Visualizzazione dell'architettura ad albero.

ticamente l'architettura del sistema e genera i dispositivi simulati, la struttura delle linee di comunicazione previste, le variabili da misurare o da comandare durante la simulazione.

La struttura ad albero del simulatore, definita in linguaggio XML, permette la facile configurazione dell'ambiente di simulazione secondo l'architettura propria del sistema sotto test. In fig. 4 viene rappresentata una schermata che visualizza un esempio di struttura ad albero di progetto.

Tramite la visualizzazione della struttura è possibile selezionare e caratterizzare ogni componente del sistema, interagendo con esso misurando ed eventualmente, modificando le sue grandezze caratteristiche tramite appositi menu di interazione, al fine di simulare il comportamento desiderato.

Ogni singolo componente presente nella struttura può essere o simulato in tutte le sue funzionalità dal SimBa, o direttamente inserito nella catena di simulazione come dispositivo reale, al fine di valutare le reazioni agli stimoli provenienti dal resto del sistema, riuscendo, così, a validare il comportamento di software ed hardware reale, mediante l'esecuzione di appropriati programmi di test.

Il simulatore si sostituisce, quindi, ad uno dei regolatori elettronici di comando dell'assetto cassa del treno, entrando nel reale loop di comunicazione, tramite le inter-

facce seriali implementate, come illustrato in fig. 5, in modo da interagire con tutti i dispositivi installati a bordo treno, siano essi reali o a loro volta simulati.

I file DLL, necessari per la simulazione dei dispositivi, vengono ottenuti direttamente dal codice "embedded", sviluppato per i dispositivi reali, inserendo particolari direttive di precompilazione durante la stesura del firmware stesso, che il simulatore, una volta ricevuto il codice, è in grado di interpretare come istruzioni che lo riguardano. In questo modo è possibile ottenere, con uno sforzo relativamente basso in fase di implementazione, un modello di simulazione basato sulle effettive funzionalità inserite nel codice reale installato sul treno, oltre ad avere la possibilità di selezionare le parti del codice e, quindi, le funzionalità, che

si ritengono rilevanti per la simulazione del dispositivo.

In maniera analoga è possibile introdurre dei modelli di simulazione degli impianti elettrici/idraulici e pneumatici tramite creazione di specifici file DLL, ottenuti mediante modelli matematici (MATLAB/SIMULINK) creati ad hoc. Questo permette, ovviamente, di affinare la simulazione del sistema e, quindi, la bontà dei risultati ottenuti, in base all'accuratezza ed al livello di dettaglio dei modelli di simulazione stessi.

Durante la simulazione è possibile interagire con i dispositivi simulati o da testare, misurando le variabili caratteristiche in funzione "trace" (campo "Read value" in fig. 6), oppure imponendo di volta in volta valori costanti definiti (campo "Write value" in fig. 6), oppure determinando le variabili stesse come il risultato di una relazione matematica o fisica (campo "Formula" in fig. 6). In questo modo è possibile eseguire tutte le prove previste per ciascuna delle funzionalità da testare.

Le variabili, oltre ad essere visualizzate, possono essere registrate in formato MATLAB o ASCII per una successiva estrazione ed analisi con fogli elettronici o modelli, o possono essere fornite all'esterno in formato analogico utilizzando una scheda di interfaccia digitale/analogo. Questa caratteristica è particolarmente interessante in fase di messa in servizio per valutare a posteriori e con la dovuta attenzione le risposte reali del sistema, a paragone con le prestazioni richieste.

## OSSEVATORIO

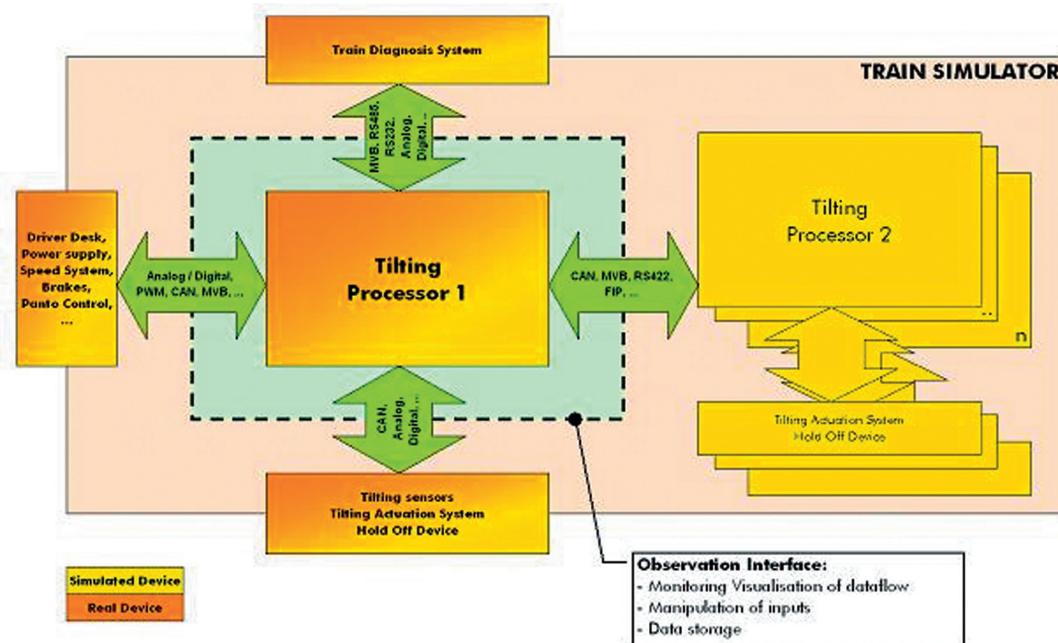


Fig. 5 - Utilizzo del simulatore assetto variabile.

### Caratteristiche e vantaggi del simulatore "tilting"

In relazione a quanto sopra descritto, sono evidenti i vantaggi del simulatore SimBa, in termini di modularità, flessibilità di utilizzo, ricostruibilità di processo e di prova e semplicità di utilizzo. Riassumendo:

- 1) architettura modulare e flessibile;
- 2) possibilità di inserire nel sistema simulato sia dispositivi reali di attuazione sia modelli, a diversi livelli di complessità e quindi di prestazione;
- 3) facile applicazione ed utilizzo in modo trasversale su diversi progetti;
- 4) riduzione dei costi di training per il personale che ne deve sfruttare le caratteristiche;
- 5) standardizzazione dei componenti costitutivi;
- 6) facile adattabilità a futuri progetti;
- 7) sforzo minimo da dedicare alle operazioni di manutenzione del simulatore;
- 8) ridotta possibilità di introdurre anomalie funzionali del software, grazie all'utilizzo di procedure di sviluppo di tipo automatico e agevole verifica incrociata tra la struttura di simulazione e la struttura reale del progetto.

### Applicazioni

Le attuali tecniche di progettazione prevedono uno sviluppo del software applicativo per i sistemi "tilting" aderente alla normativa CENELEC EN50128 per la produzione di codice, che deve soddisfare criteri di progettazione determinati secondo la criticità dell'applicazione sul rotabile ferroviario.

La prova estensiva del prodotto non è più trasferibile sul treno completo e pronto alla messa in servizio, sia per l'eccessivo tempo di cui disporre, sia per la profondità dei test da effettuare, spesso non riconducibili a semplici prove "a scatola chiusa" direttamente sulle grandezze di input/output del sistema finale.

Il simulatore diviene quindi parte integrante nello sviluppo del software applicativo, viste le potenzialità di cui si può disporre in fase di controllo passo-passo del processo ("debug"). Si tratta quindi, di un vero e proprio "tilting virtuale", grazie alle elevate potenzialità di simulazione dell'intero sistema.

- All'inizio del ciclo di vita del progetto, il simulatore permette infatti, di testare e validare i requisiti di sistema, anticipando le prove in laboratorio,
- Il simulatore è in grado, inoltre, di coadiuvare il team di progetto nella fase di collaudo progettuale dell'app.

## OSSEVATORIO

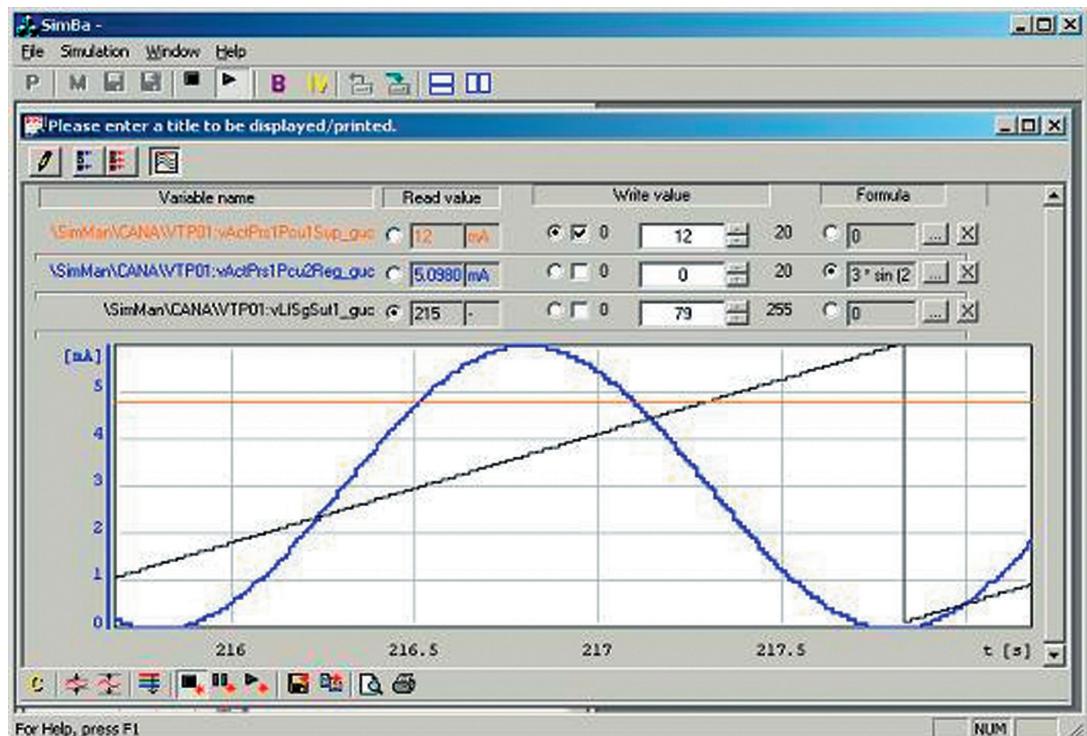


Fig. 6 - Visualizzazione grafica / interazione con le variabili dei dispositivi simulati.

plicazione software, supportando la definizione e l'utilizzo di adeguate procedure e modalità di prova e di generare il report nel suo complesso, in grado cioè di coprire anche la fase di integrazione hw/sw e di validazione dei requisiti software.

- Il simulatore è anche in grado di effettuare in modo esaustivo la validazione del prodotto, sia durante le prove di tipo che nella fase di messa in servizio del treno, essendo in grado di interagire, mediante stimoli predefiniti, con il dispositivo reale, installato sul treno, sottoposto a prova di tipo o di serie.
- Il simulatore, in conclusione, è in grado di interagire direttamente anche sul sistema finale, tramite le interfacce con il mondo reale di cui esso è dotato (fig. 7), in modo da validare le reali performances dell'impianto.

Grazie infatti alla possibilità di convertire i segnali digitali circolanti sulle linee di comunicazione ed inviarli tramite schede D/A ai dispositivi di acquisizione e di misura installati a bordo treno, alla possibilità di registrazione di dati durante le prove, il simulatore può essere usato anche in fase di messa in servizio di treno o di veicolo (fig. 8), nonché in

fase di test dinamico del treno, per supervisionare e controllare le variabili caratteristiche del sistema durante le prove.

Tramite connessione GSM, il simulatore può essere anche utilizzato per un monitoraggio in remoto delle grandezze del sistema, come avvenuto durante alcune corse del treno in Gran Bretagna, per l'analisi in tempo reale a distanza del comportamento del treno su una tratta di linea di particolare interesse.

In questo modo è possibile la valutazione delle reazioni del sistema ed il riconoscimento di eventuali problemi sul progetto, senza la necessità di recarsi direttamente sul posto o di richiedere corse prova supplementari. Questo risulta particolarmente importante anche in termini di sviluppo del prodotto, o in vista di nuove applicazioni dello stesso prodotto in condizioni di tracciato, di qualità del binario, di modalità di regolazione differenti.

### Futuri sviluppi

Lo sviluppo futuro della simulazione nei sistemi "tilting" prevede di:

## OSSERVATORIO



Fig. 7 – Esempio di installazione del simulatore su un rotabile in prova.

- includere procedure automatiche di test e di registrazione per accorciare i tempi per test di sistema e software ed incrementare la ripetibilità delle prove stesse, oltre a ridurre i tempi di test in caso di modifiche software, aumentando l'affidabilità dei risultati stessi;
- espandere l'attuale struttura di simulazione ad albero, inserendo anche la possibilità di avere più linee di comunicazione tra i vari dispositivi presenti nella struttura del simulatore, anche collegati tra di loro in loop;
- visualizzare in tempo reale tramite DLL le variabili interne ai dispositivi simulati;
- analizzare la struttura dei pacchetti dati che circolano sui canali di comunicazione;
- potenziare la comunicazione senza fili ("wireless");
- aggiungere in modo flessibile futuri standard di comunicazione (a partire da ethernet);
- estendere la funzionalità del SimBa in modo da consentire il collegamento via ethernet e la sincronizzazione di altri dispositivi SimBa.



Fig. 8 - Esempio di utilizzo simulatore in messa in servizio di singolo veicolo.

## OSSERVATORIO

### Conclusioni

L'articolo tratta delle attuali tecniche di prova o testing su sistemi "tilting", mediante strumenti di simulazione in grado di supportare attivamente i team di progetto, dalla verifica delle Specifiche di Sistema sino alla validazione finale del prodotto. Tali sistemi e tecniche sono stati utilizzati sulle ultime generazioni di sistemi "tilting", sviluppate in conformità alle attuali richieste di prestazioni, di affidabilità, di manutenibilità, fornendo anche un supporto estremamente efficace nella ricerca dei guasti e delle anomalie di progetto, prima della consegna finale, con una notevole riduzione dei rischi e dei costi legati agli errori commessi in fase di progettazione, stesura codice e/o alla non adeguata copertura dei test sul prodotto stesso.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] "Train Simulator Development" presentazione interna ALSTOM.
- [2] "West Coast Main Line Trains Tilt Technology", G. HAUSER, ICE conference Railtex Nov 2002, Birmingham.
- [3] EN 50128 - Railway applications. Communications, signalling and processing systems. Software for railway control and protection systems, European Committee for Electrotechnical Standardization, Marzo 2001.
- [4] Emiliano GRANDI - Gerald HAUSER: "Tecniche di test e simulazione per impianti di controllo assetto casca", Presentazione al Convegno CIFI Pistoia, Settembre 2005.

### **ISOTRACK: strumentazione per il materiale rotabile**

**ISOTRACK, la divisione trasporti di Isoil Industria S.p.A., dispone di una vasta gamma di strumentazione per risolvere qualsiasi problema di misura e controllo. La nostra gamma di prodotti comprende:**

**■ Pick up, Generatori e Sensori di velocità, Sensori Radar, Indicatori di velocità, MMI, MFD, Incident Recorder, Pressostati e Termostati, Indicatori di livello e livellostati, Fotosensori e interruttori di sicurezza.**



**ISOIL**  
INDUSTRIA  
**Le soluzioni che contano**

Isothermic Swiss Oil Meter sono marchi di proprietà Isoil

Isoil Industria spa - Italy  
20092 Cinisello Balsamo (MI)  
27, via F.lli Gracchi  
Tel. +39 02 66027.1  
Fax +39 02 6123202  
E-mail: vendite@isoil.it  
Web: www.isoil.com

