



Abnahmetest & Zertifizierungen von Hochgeschwindigkeitszügen

Italcertifer testet Frecciarossa ETR 1000 mit imc-
Messtechnik

imc Test & Measurement
Application Note

Einleitung

Für den Schienenverkehr und den Transportsektor bietet Italcertifer eine breite Palette von Zertifizierungen, Inspektionen und Konformitätsprüfungen. Als Tochtergesellschaft von Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane gilt Italcertifer in Italien und im Ausland als eine zentrale Instanz, wenn es um Bahnkonformitätsprüfungen und Sicherheitsbewertungen geht. Für die Zertifizierung des Hochgeschwindigkeitszugs Frecciarossa 1000 (auch als ETR 1000 bekannt) wählte Italcertifer Messtechniklösungen von imc.

Grünes Licht

Die europäische Norm EN 14363 enthält eine Vielzahl von Testszenarien mit Beschleunigungstests und Höchstgeschwindigkeitstests mit Geschwindigkeiten bis zu 400 km/h. Die Tests wurden unter extremen Betriebsbedingungen durchgeführt – auch solche, die den regulären Betrieb überschreiten, zum Beispiel Tests bei etwa 110% der maximalen Geschwindigkeit- und Beschleunigung.

Verteilte Messtechnik für hohe Kanalanzahlen

Für die simultane Datenerfassung von ca. 300 Messkanälen entschied sich Italcertifer für die modularen Hochleistungs-Messsysteme imc CRONOSflex und imc CRONOScompact. Die räumlich verteilbaren imc CRONOSflex Module ermöglichen die Digitalisierung der Messeingänge nahe der Messstelle, um eine möglichst hohe Signalqualität zu erreichen. Mit bis zu 100 kSample/s pro Kanal, hoher Bandbreite, Präzisions-Signalaufbereitung und integrierter Sensor-Stromversorgung ist das imc CRONOSflex System ideal für anspruchsvolle Datenerfassung. Weiterhin wurden drei imc CRONOScompact Systeme für die synchrone Erfassung zusätzlicher Analogsignale verwendet, wie beispielsweise Dehnungsmessdaten, Spannungs- und Temperaturinformationen, IEPE Beschleunigungssensoren usw.



Abbildung 1.
imc CRONOSflex und imc
CRONOScompact

System Overview

imc Messgeräte	Qty.
imc CRONOScompact (CRC)	3
imc CRONOSflex (CRFX)	1
Amplifiers	
CRFX/UNI-4 4 Universalkanäle für analoge Sensoren, z.B. Spannung, Strom, Temperatur, DMS, IEPE Beschleunigungssensoren	18
CRC/SC2-32 32 Kanäle für Spannungssignale	4
CRC/LV-16 16 Kanäle für Spannungssignale	1
CRC/ICPU2-8 8 Kanäle für IEPE / ICP Beschleunigungs sensoren	1
CRC/B-8 8 Kanäle für DMS	5
CRC/C-8 8 Kanäle für Temperatursensoren und Spannungssignale	1
CRC/DI2-16 16 Kanäle für diskrete digitale Signale	2
CRC/DI8-DO8-ENC4 4 Tacho / Inkrementalgebereingänge	1
imc software	
imc Online FAMOS Pro Echtzeit-Datenanalyse-Plattform für imc CRONOS Geräte	
imc STUDIO Pro Umfangreiche Messsoftware für den gesamten Testprozess: Messung, Visualisierung, Automatisierung, Datenanalyse	
imc FAMOS Enterprise + imc FAMOS Pro Daten Nachbearbeitung, Analyse und Visualisierung	

Tabelle 1.

Mit einer Vielzahl von Messverstärkern decken die imc Messsysteme ein breites Spektrum an Testanforderungen ab.

Die imc-Systeme bieten Abtastraten von bis zu 100 kS/s pro Kanal und Datenraten von bis zu 400 kS/s pro Gerät. Italcertifier betreibt mehrere synchronisierte Geräte in einem verteilten Netzwerk. Präzisionsmessverstärker digitalisieren die Messdaten mit 24 Bit A/D Auflösung. Jeder Kanal hat individuelle Anti Aliasing-Filter.

Die imc CRONOS-Systeme enthalten einen integrierten DSP, auf dem imc Online FAMOS läuft: die Echtzeit Datenanalyse-Plattform ermöglicht die Verarbeitung von kundenspezifischen Rechenoperationen – sowohl die Datenspeicherung von primär Daten als auch die berechneten Ergebnisse werden über integrierte Massenspeicher (wie Flash oder HDD) auf einem oder mehreren PCs im Netzwerk unterstützt. Echtzeit-Darstellungen verschiedener Testparameter können auf mehreren angeschlossenen Überwachungsrechnern abgerufen werden.

Messsensoren

Zu den wesentlichen gemessenen physikalischen Größen zählen Beschleunigungen, Kräfte, Positionsverschiebungen und die Geschwindigkeiten des Fahrzeugs.

Zu diesem Zweck kamen die folgenden Sensoren zum Einsatz:

- MEMS Beschleunigungssensoren
- DMS
- potentiometrische Position- und Wegsensoren
- Laser-Sensoren
- PDL-System für progressive Geschwindigkeits- und Positionswerte
- phonisches (gezahntes) Rad, für Geschwindigkeits- und Streckenmessungen
- GPS-Empfänger für redundante Messungen von Geschwindigkeit und Position

imc Systeme und TEDS-Fähigkeit

Ein weiterer Vorteil der imc Systeme ist, dass die Messverstärkerkanäle über TEDS verfügen. Dies ermöglicht eine direkte Identifizierung von Sensorinformationen, wie Sensortyp, Standort, Versorgung, Skalierungsfaktor, Messbereich, Abtastrate, usw. Ein großer Vorteil wenn große Konfigurationen mit Hunderten von Kanälen und Sensoren verwaltet werden.

Beschleunigungs- und Wegmessungen

Der Zug war mit etwa 100 Beschleunigungssensoren instrumentiert, um das dynamische Verhalten und den Passagierkomfort zu charakterisieren, sowie die Fahrzeugstabilität während der Fahrt zu überwachen. Seilzugpotentiometer wurden verwendet, um die Verschiebung der hydraulischen Aktuatoren und Dämpfer zu messen und auch um die Fahrzeugdynamik, Fahrwerk und die Reaktion der verschiedenen Systeme zu charakterisieren.



Abbildung 2.
Seilzug- und
Beschleunigungssensoren

Kraftmessungen

Eine der Hauptmessungen der EN 14363 Norm ist die Beurteilung der Rad-Schiene Kontaktkräfte. Für diese Messung wurden Radsätze mit mehr als 100 Dehnungsmessstreifen instrumentiert. Sechs Achsen wurden überwacht, wobei jedes zwanzigste DMS-Signal über das MTP-NT Telemetrie-System von KMT übertragen wurde. In Echtzeit erfolgte die Datenverrechnung, um die Werte der Kontaktkräfte auf die 12 Räder zu ermitteln.



Abbildung 3.
Instrumented wheel sets

Neben Messungen an den Rädern wurden auch andere Komponenten im Zug als reale Lastzellen instrumentiert, um die zusätzlichen Kräfte zu messen und ihren Betrieb zu studieren.

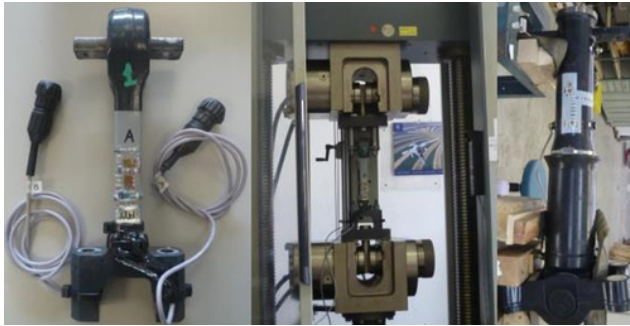


Abbildung 4.
*Strain gauge outfitted
components*

Testergebnisse in Echtzeit mit imc Online FAMOS

Ein wichtiger Bestandteil der imc Systeme ist die integrierte Echtzeitplattform imc Online FAMOS. Mit einem dedizierten Prozessor im Gerät erlaubt dieses Werkzeug die synchronisierte Echtzeit-Datenverarbeitung, um sofortige Analyse und Ergebnisse zu liefern, die den Testingenieuren vor Ort unmittelbar zur Verfügung stehen. Dieses direkte Feedback ermöglicht eine schnelle Auswertung, die aufgearbeitete, intuitiv verständliche Ergebnisdaten liefert. Schon während der Messung gibt es Informationen über den Fortschritt des Tests und es kann sofort eingegriffen werden.

Ein Zugwagen wurde als Kontrollzentrum eingerichtet. Hier beobachteten die Testingenieure alle erfassten Daten von den verteilten Messsystemen, führten Live-Überwachungen und visuelle Inspektionen durch. Während des Tests wurden insgesamt mehr als 300 mechanische und elektrische Parameter, Variablen und Ergebnisse auf mehreren PC-Stationen kontinuierlich überwacht. Die Testergebnisse lieferten Informationen zu Wechselwirkungskräften zwischen den Rädern und Schienen, zur Filterung nach Norm und Berechnungen der Geschwindigkeit, Position sowie zurückgelegter Strecke.

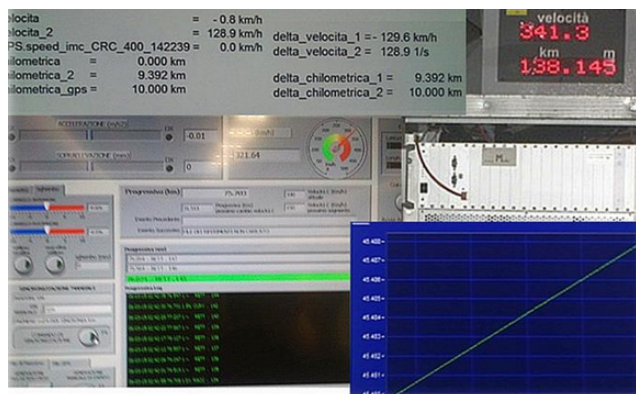


Abbildung 5.
Measurement data via
imc STUDIO

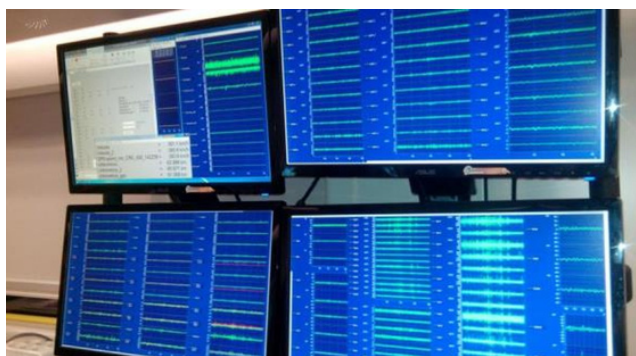


Abbildung 6.
Dedicated on-board work
station

Auswertung

Nach jeder Testphase und vor der darauf folgenden, wurden die Daten weiter analysiert und mit den zusätzlichen Post-Processing-Tool imc FAMOS auf der Basis von leicht zu erstellenden Sequenzen ausgewertet. Mehr als 100 Parameter wurden aus jedem Durchlauf verwendet, um die Interaktion zwischen Rad und Schiene zu charakterisieren. Eine Neuausrichtung des Positionssignals erfolgte entlang den bekannten Eigenschaften der Linie, um Fehler bei der Positionsmessung zu minimieren. Die Trendlinien verschiedener relevanter Parameter wurden in insgesamt mehr als 600 Diagrammen für jeden Bericht dargestellt.

Fazit

Für dieses Projekt hat sich die imc Lösung aus Messtechnik und Analysesoftware durch ihre Flexibilität und Zuverlässigkeit bewährt. Schon seit einigen Jahren setzt Italcertifier für anspruchsvolle Prüfung und Zertifizierungsmessungen auf imc Messtechnik. Sie schätzen die Intuitivität und Flexibilität der imc CRONOS*flex* und imc CRONOS*compact* Serie, sowie die Vorteile, die der vielseitigen Live-Analysen die imc Online FAMOS zur Verfügung stellt. Die Kombination aus Live-Verrechnungen mit imc Online FAMOS, Datenerfassung mit imc STUDIO und Nachbearbeitung mit imc FAMOS bietet eine schnelle, unkomplizierte und flexible Lösung. Die Softwarelösungen ermöglichen die Definition von automatischen Erfassungen, Prüfungen, Sequenzierung, Analyse- und Testberichterstellung – basierend auf einem bequemen Drag & Drop-Ansatz, ohne Kenntnisse der Computerprogrammierung. Dies erfüllt vollständig die jeweiligen Anwendungsanforderungen von Pre-Test bis zur endgültigen Zertifizierung. Eine Gesamtzahl von 50 Zügen soll geprüft werden – die ersten sind bereits seit Mitte 2015 im Einsatz.