

LTT Transientenrecorder für Qualifikationstest eines Satellitenbauteils

Anwendungsbericht der TU München, KRP-Mechatec

TU München, Lehrstuhl für Leichtbau (www.llb.mw.tum.de) , Prof. Dr.-Ing. H. Baier
KRP-Mechatec Engineering GbR (www.krp-mechatec.de), Dipl. Ing. C. Zauner

Der Lehrstuhl für Leichtbau (LLB) an der TU München beschäftigt sich neben dem allgemeinen Lehrbetrieb mit zahlreichen Forschungsprojekten. Auftraggeber sind zumeist Unternehmen aus der Luft- und Raumfahrtindustrie (z.B. EADS, KRP-Mechatec), die das Wissen der TU, ihre Flexibilität und die Möglichkeiten ihrer Forschungsanlagen nutzen wollen.

Die KRP-Mechatec ist ein starker Partner, wenn es um die Testung und Entwicklung mechatronischer Komponenten geht. Durch enge Kontakte zur Raumfahrt ist sie technisch auf dem neuesten Stand und kann durch die enge Zusammenarbeit mit den Forschungsinstituten viele Mess- und Entwicklungsvorhaben umsetzen.

1. Die Messaufgabe

Im Dezember 2002 beauftragte die Firma EADS-Astrium die KRP-Mechatec mit dem Test eines mechatronischen Satellitenbauteils, einer sog. „Low Shock Release Unit“ (LSRU), die der Auftraggeber für den Einsatz an Satelliten entwickelt und gebaut hatte. Zur Durchführung der Tests wurde auf das Equipment des LLB zurückgegriffen. Die KRP-Mechatec in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl wurden gebeten, auf Basis zuverlässiger Messdaten die Eignung und Qualität des Bauteils in einem detaillierten Bericht zu beurteilen



Abb.1: Low Shock Release Unit

und Verbesserungsvorschläge einzuarbeiten. Grundlage des Auftrags war ein Pflichtenheft, in dem die Qualifikationstests spezifiziert waren.

Bei dem zu testenden Bauteil handelt es sich um eine neuartige Vorrichtung zum Niederhalten und Freigeben von gefalteten Solarpanels eines Satelliten. Bis zu fünf gefaltete, je 3,9m x 2,1m großen Panels werden beim Start von mehreren Low Shock Release Units aneinander gepresst und am Satellit gehalten. Im entfalteten Zustand messen die zwei Solargeneratoren je bis zu 23m x 2,1m.

Bei der Freigabe des Solargenerators zieht sich eine Spindel aus einer extrem reibungsarmen, drehbar gelagerten Mutter, welche in der LSRU integriert ist. Die

eigentliche Entfaltung der Solarpanels geschieht dann über einen Antrieb und Seilzüge an den Verbindungsgelenken der einzelnen Panels.

Bisher erfolgt die Freigabe von solchen Panels zumeist pyrotechnisch, was allerdings mit großen Schocks am Satelliten einhergeht. Die kurzzeitigen, sehr hohen mechanischen Schwingungen, verursacht durch die Explosion, können u.a. Defekte in Leiterplatten, Sensoren und Instrumenten verursachen und letztlich zum Ausfall eines gesamten Satellitensystems führen. Bei Stückpreisen von bis zu 200 Mio. € für einen Satelliten ist dies ein hohes Risiko.

Insgesamt wurden an der LSRU drei Qualifikationstests mit LTT Transientenrecordern durchgeführt.

I. Messung: Elektrische Messung

Zu prüfen waren vier LSRUs, wobei jede über zwei elektromagnetische Aktuatoren verfügt. Bei diesem Test wurden die elektrischen Eigenschaften des elektromagnetischen Auslösemechanismus nachgewiesen. Es wurde die Exaktheit des verwendeten Ansteuerimpulses von 21V bzw. 35V bei 40ms Dauer, sowie des Störimpulses von 21V bzw. 35 V bei 10 μ s Dauer und einem Flankenanstieg von 150ns überprüft. Ebenso wurde die Stromaufnahme und ggf. Gegeninduktion der Magnete gemessen und bewertet. Die Messung erfolgte über Strommesszangen und Aufzeichnung mit dem LTT bei bis zu 20MHz Abtastrate.

II. Messung: Sinus / Random Vibrationstest

Drei Release Units wurden auf einen großen elektrodynamischen Rüttler mit 80kN Maximalkraft montiert. Im Prinzip funktioniert dieser „Shaker“ wie ein Lautsprecher, der einen Schwingtisch mit Prüflingen anregt.

Der Test besteht aus einem Sinus und einem Random Belastungstest. Vor und nach jedem Belastungstest wird eine Resonanzsuche durchgeführt, um eventuelle Schäden detektieren zu können.

Die Resonanzsuche wurde von 5 bis 2000Hz mit einer kleinen Amplitude von 0,5 g durchgeführt. Beim Sinus-Belastungstest wird von 5 bis 100Hz mit einer Amplitude von maximal 18 g angeregt, der Random-Belastungstest wurde von 5 bis 2000Hz bei einer Belastung von 16 g_{rms} durchgeführt. Alle Tests wurden in drei Anrichtungsrichtungen gefahren, was eine Gesamtanzahl von 15 Tests ergibt.

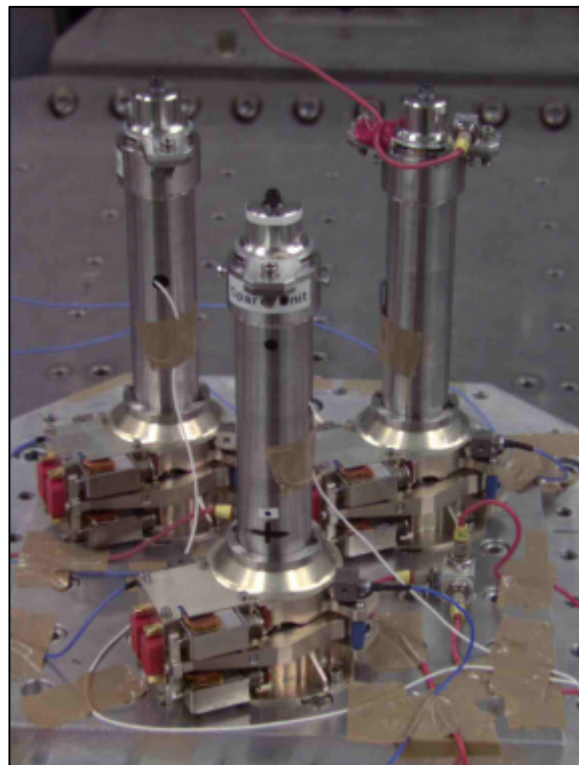


Abb.2: Vibrationstest

Bei den Prüfungen wurden die Daten von 18 Beschleunigungssensoren, einem „Pilotsignal“ des Rütteltisches und von zwei Dehnungsmessstreifen aufgezeichnet.

Die Abtastrate wurde auf 20kHz pro Kanal (bei insgesamt 21 aktiven Kanälen) eingestellt.

Der Vibrationstest zeigte, dass die mechanischen Belastungen beim Start einer Trägerrakete ertragen werden und dass keine Unit fälschlicherweise auslöst.

III. Messung: Schockmessung und -bewertung

Zweck der Messung war die Ermittlung des mechanischen Schocks, der bei der Freigabe der LSRU entsteht. Die Release Unit wurde auf eine hängende Aluminium-Sandwichplatte montiert. Über vier Sensoren (drei-achsige Beschleunigungs-aufnehmer mit ± 500 g) wurden die Beschleunigungen gemessen, die durch das Auslösen der Release Unit verursacht werden. Insgesamt wurden 12 Kanäle verwendet bei einer Abtastrate von 400 kHz pro Kanal.

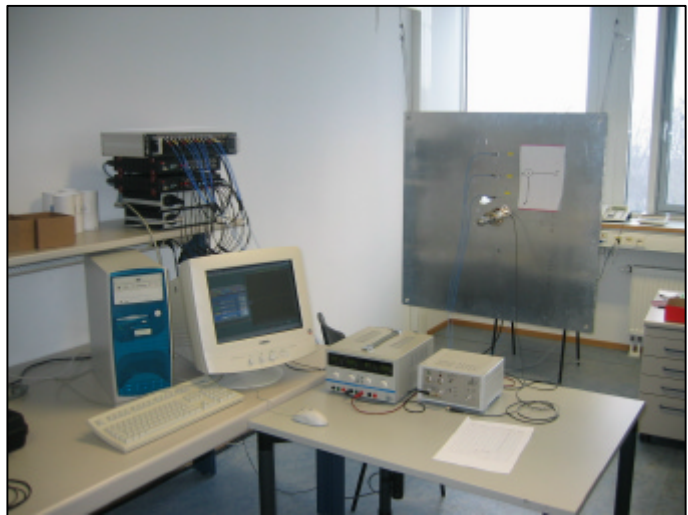


Abb.3: Schockmessung

Für die abschließende Präsentation der Ergebnisse wurde ein „Shock Response Spektrum“ erstellt, wozu auch die hohe Abtastrate notwendig war. Es konnte gezeigt werden, dass sich die LSRU durch eine sehr geringe Schockerzeugung auszeichnet und somit andere Satellitenkomponenten nur gering belastet werden.

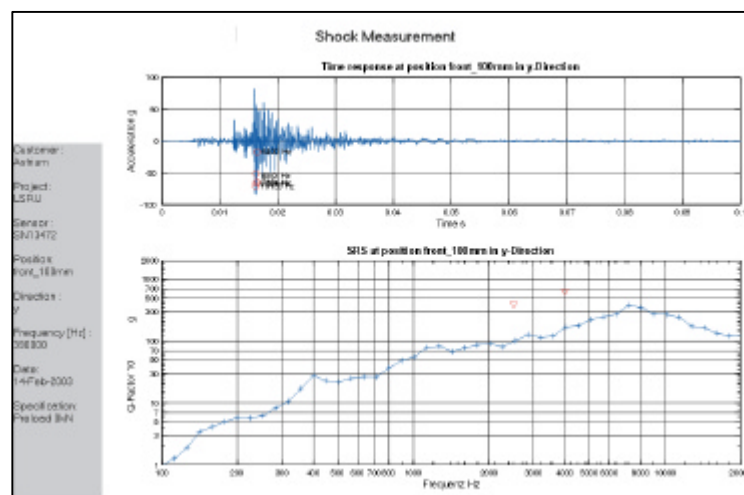


Abb. 4: Messauswertung

2. Warum Meßtechnik von LTT

Der Auftrag stellte Anforderungen an die Meßtechnik, die mit vorhandenem Gerät nicht bewerkstelligt werden konnten. Gesucht wurde eine Lösung, die sowohl die synchrone Messung auf 21 Kanälen parallel erlaubt und eine Abtastrate von bis zu 20 MHz pro Kanal gestattet. Zu messen waren Daten über Ströme und Spannungen. Da die Steuerung der Aktuatoren einen Flankenanstieg von 150 ns aufweist, waren schnelle Messungen notwendig. Ebenso verlangt die Berechnung des „Shock Response Spektrum“ eine hohe Zeitauflösung der gemessenen Beschleunigung.

Nach sorgfältiger Prüfung von möglichen Lösungen entschied der Lehrstuhl die Beschaffung eines Meßsystems von LTT GmbH (<http://www.tasler.de>) bestehend aus zwei kaskadierten Transientenrecordern mit insgesamt 24 Kanälen. Die Anlage soll auch in zukünftigen Projekten zum Einsatz kommen, z.B. bei dem Entwurf von aktiven und passiven Dämpfungssystemen, sowie bei Akkustikmessungen.

Die Software LTTview ermöglicht das Abspeichern der Meßdaten in allen gängigen Datei-Formaten. Da der Lehrstuhl die Software FAMOS für die Weiterbearbeitung und Analyse der Meßdaten nutzt, wurden alle Daten von LTTview im Famos-Format abgespeichert. Hilfreich für die Bearbeitung der Daten war die Möglichkeit, mit LTTview einfach online in ein interessantes Spektrum aus einer sehr großen Menge von Daten hineinzuzoomen und es auszuschneiden, um es dann direkt in Online Famos zu exportieren.

Bei bestimmten Messungen hat die KRP-Mechatec mit dem Max Planck Institut Garching zusammengearbeitet. Bei der Gelegenheit wurden Meßdaten, parallel zu den Meßsystemen des MPI mit den LTT Transientenrecordern aufgezeichnet. Der Vergleich hat gezeigt, dass die LTT Transientenrecorder extrem genaue Messwerte geliefert haben. Wenn man den Preisunterschied berücksichtigt, konnte ein derartig gutes Ergebnis nicht erwartet werden.

3. Ergebnis

Der Auftraggeber für den Test zeigte sich hochzufrieden über die von der KRP-Mechatec und dem Lehrstuhl für Leichtbau präsentierten Ergebnisse. Die mit den LTT Transientenrecordern gewonnenen Meßdaten deckten die Wünsche und Anforderungen voll und ganz.

Auch die Ingenieure der KRP-Mechatec zollten LTT Lob für die Arbeit mit den Transientenrecordern. Ein enger Kontakt zum Hersteller LTT sorgte für einen reibungslosen Ablauf und schnelle Problemlösung. Bei der Installation der Systeme am Lehrstuhl für Leichtbau waren Software-Anpassungen notwendig, die von LTT schnell und kostenlos erbracht wurden.

Zahlreiche Erfahrungen beim Einsatz der Systeme wurden dokumentiert und bei Weiterentwicklungen berücksichtigt. Neben der erwiesenen Präzision der Systeme und der Qualität der Meßdaten lobten die Versuchsleiter die intuitiv nutzbare Benutzeroberfläche von LTTview.

Kontakt:
LTT GmbH
Science Park
Friedrich-Bergius-Ring 15
97076 Würzburg

Tel.: 09 31 / 3 59 61-0
info@tasler.de