

Einsatz eines CompactRIOs für die Regelung einer Wirbelstrombremse zur Reproduzierbarkeit von Aufprallversuchen

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Sonnenberg – Helmut-Schmidt-Universität, IFAS,
Hamburg

Prof. Dr.-Ing. Martin Meywerk – Helmut-Schmidt-Universität, IFAS,
Hamburg

Dipl.-Phys. Ing. Klaudius Pinkawa – A.M.S. Software GmbH, Ellerau

Kurzfassung

An der Professur für Fahrzeugtechnik der Helmut-Schmidt-Universität ist eine Schlittenanlage in Betrieb, mit der Aufprallversuche mit einer kinetischen Energie von bis zu 220 kJ durchgeführt werden können. Die Anlage besteht aus einem Schienensystem, einer Katapultvorrichtung und einer Biegeblechbremse. Die Katapultanlage besteht im Wesentlichen aus einem Spannschlitten und bis zu zehn Spannseilen. Unter Zuhilfenahme der Seilkennlinie, einiger Anlagefaktoren und des Spannwegs kann eine Genauigkeit der Aufprallgeschwindigkeit von $\pm 2\%$ erreicht werden.

Das Ziel dieses Projekts war es, die Geschwindigkeitsabweichungen zu reduzieren, um die Reproduzierbarkeit der Versuche zu erhöhen. Als Lösung wurde hierfür eine Wirbelstrombremse entwickelt und implementiert, die einen definierten Bremsengriff vor dem Aufprall erlaubt.

Die auf einem cRIO unter LabVIEW implementierte Regelung erfolgt mit einer Taktrate von 1 kHz. Bei einer Aufprallgeschwindigkeit von 10 m/s und einer Bremsenschwertlänge von einem Meter beträgt die Eingriffszeit 0,1 Sekunde. Während der Messung mit dem PXIe-System wird zusätzlich ein Triggersignal an eine Hochgeschwindigkeitskamera gegeben, die synchron mit den Messsignalen den Aufprall erfasst.

Abstract

At the Professorship of Automotive Engineering at the Institute of Vehicle and Power Train Engineering at the Helmut Schmidt University there is a sled system in use, which can perform impact tests with a kinetic energy of

220 kJ. The facility contains a rail system, a catapult device and a bending sheet metal brake. The catapult system consists essentially of a clamping slide and up to ten tensioning ropes. Using the rope characteristics, some conditioning factors and clamping path an accuracy of the impact speed can be achieved within a range of $\pm 2\%$.

The aim of this project was to reduce the speed variance, to consequently increase the reproducibility of the experiments. Therefore an eddy current brake was developed and implemented, which allows a defined braking action before impact.

The regulation takes place at a clock rate of 1 kHz on a cRIO which is programmed in LabVIEW. A procedure time of 0.1 seconds is available, at an impact velocity of 10 m/s and a brake blade length of one meter. During the measurement with the PXIe system a trigger signal is passed to a high-speed camera, which detects the impact in synchronism with the measuring signals.

Motivation

Die an der Professur für Fahrzeugtechnik der Helmut-Schmidt-Universität betriebene Schlittenanlage kann für Aufprallversuche genutzt werden, die eine kinetische Energie von bis zu 220 kJ benötigen. Die Anlage wird schematisch in Bild 1 dargestellt und besteht aus einem Schienensystem, auf dem der Prüfschlitten (3) geführt wird, einer Katapultvorrichtung und einer Biegeblechbremse (1).

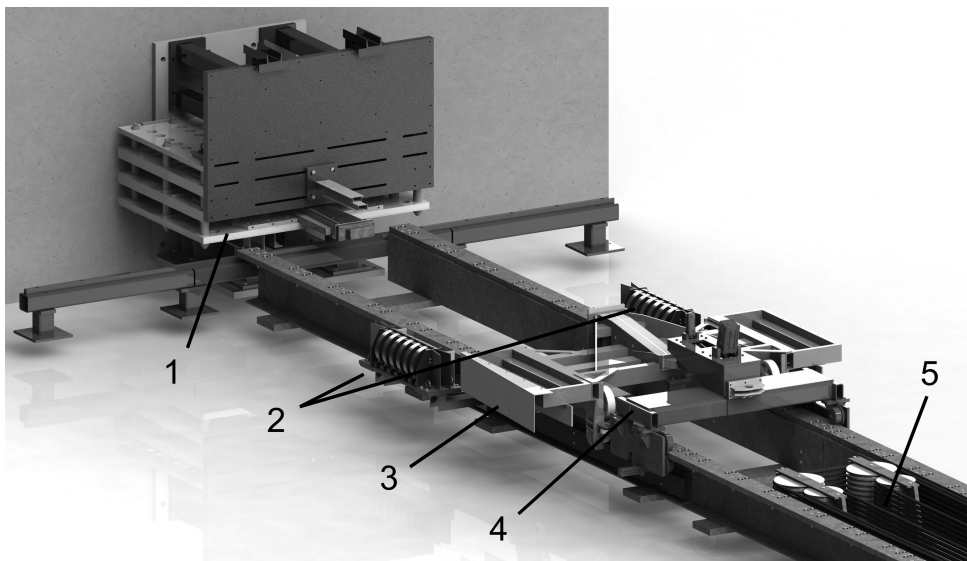


Bild 1: Schematischer Aufbau der

Katapultbahn

Die Katapultvorrichtung setzt sich im Wesentlichen aus einem Spannschlitten (4), der den Prüfschlitten in den Seilen spannt und bis zu zehn Spannseilen (5) zusammen. Unter Zuhilfenahme der Kennlinie der Seile, einiger Anlagefaktoren und des Spannwegs kann eine Genauigkeit der Aufprallgeschwindigkeit – im Bereich von 3 bis ca. 5 m/s – von $\pm 2\%$ erreicht werden. Mit steigender Geschwindigkeit kann der gewünschte Wert genauer eingestellt werden.

Für die meisten Versuchsreihen werden reproduzierbare Aufprallgeschwindigkeiten benötigt. Da die verwendeten Gummiseile, abhängig von der Wiederholfrequenz der Versuche, bei gleichem Spannweg unterschiedlich viel Energie dissipieren, konnte keine exakte Übereinstimmung der Geschwindigkeiten erzielt werden. Zur Lösung des Problems wird in diesem Projekt folgendes Ziel verfolgt: Der Prüfschlitten wird auf eine höhere Geschwindigkeit als die Zielgeschwindigkeit beschleunigt. Der Geschwindigkeitsüberschuss wird kurz vor dem Aufprall ermittelt und durch einen gezielten Bremsingriff beseitigt. Bei der Konzeption der Zusatzbremse fiel die Entscheidung auf die Wirbelstrombremse (2) und nicht auf eine Reibbremse, da die Reibkoeffizienten während einer Versuchsreihe nicht konstant bleiben.

Bremsingriff

Die Regelung der Wirbelstrombremse wurde von der Firma A.M.S. Software GmbH in LabVIEW auf einem cRIO umgesetzt. Diese Regelung erzeugt ein PWM-Signal, das von dem Geschwindigkeitsüberschuss und der Masse des Prüfschlittens abhängig ist. Das Signal wird an die Signalverstärker gegeben, die die Spulen bestromen. Im Spalt der Ringkerne werden Magnetfelder aufgebaut, die Wirbelströme in den vorbeigleitenden Bremsschwertern des Prüfschlittens erzeugen. Die dabei auftretenden Kräfte wirken entgegen der Fahrtrichtung und bremsen somit den Schlitten ab.

Algorithmus

Das Blockdiagramm der Regelung ist links in Bild 2 zu sehen. Dem implementierten PID-Regler, der in Bild 2 rechts dargestellt wird, ist eine Vorsteuerung vorgeschaltet. Dadurch liegt ein vollständig ausgeprägtes Magnetfeld vor, wenn die Bremsschwerter in die Bremse eintauchen.

Sobald der Schlitten die Seile verlassen hat, wird die Momentangeschwindigkeit bestimmt. Aus der Differenz der Ist- und der Soll-Geschwindigkeit werden der Geschwindigkeitsüberschuss und die die

sich daraus ergebende überschüssige kinetische Energie ermittelt. Anhand der gemessenen Kennlinie der Bremse in Abhängigkeit der PWM-Signale wird die benötigte Bremskraft berechnet und als Vorsteuerung in Form eines PWM-Signals an die Signalverstärker gegeben. Der PWM-Anteil wird aus den Messpunkten der Bremsenkennlinie interpoliert.

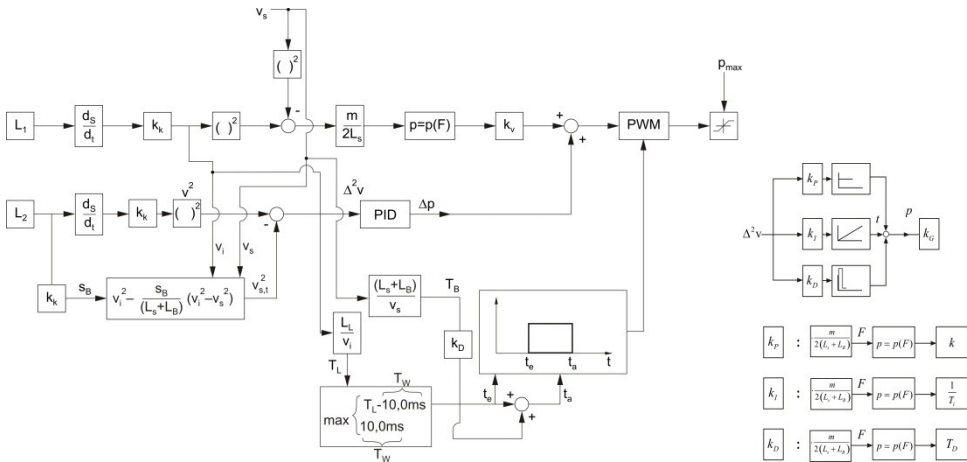


Bild 2: Blockdiagramm der Regelung (links), PID-Regler (rechts)

Ab dem ersten Bremsingriff versucht der PID-Regler den Prüfschlitten auf die Soll-Geschwindigkeit zu bringen. Im Regelalgorithmus wird dabei von der Annahme ausgegangen, dass bei konstanter Vorsteuerung die kinetische Energie linear mit der Zeit abnimmt. Es sind zwei Abbruchbedingungen vorhanden. Zum einen wird nicht mehr geregelt, wenn die Soll-Geschwindigkeit erreicht ist. Zum anderen wird die Stromzufuhr zur Bremse nach einer bestimmten Zeitspanne unterbrochen, um die Spulen zu schonen. Im Betrieb ist zu beachten, dass die Ist-Geschwindigkeit während des Bremsvorgangs nicht unter die Soll-Geschwindigkeit fallen darf, da keine Möglichkeit zum Beschleunigen des Schlittens vorhanden ist.

Die Geschwindigkeit wird mit 4 kHz bestimmt, wobei über vier Werte gleitend gemittelt wird. Die Regelung erfolgt mit einer Taktrate von 1 kHz. Somit steht eine Eingriffszeit von 0,1 Sekunde zur Verfügung; bei einer Aufprallgeschwindigkeit von 10 m/s und einer Bremschwertlänge von einem Meter.

Die simultane Messung der Beschleunigungssignale des Schlittens und der Kraftsignale wird mithilfe eines PXIe-Systems mit einer Taktrate von 100 kHz durchgeführt. Zusätzlich wird ein Triggersignal an eine

Hochgeschwindigkeitskamera gegeben, die synchron mit den Messsignalen den Aufprall erfasst.

In Bild 3 werden der Geschwindigkeitsverlauf (obere Kurve) und der zugehörige Bremsengriff der Wirbelstrombremse (untere Kurve) dargestellt.

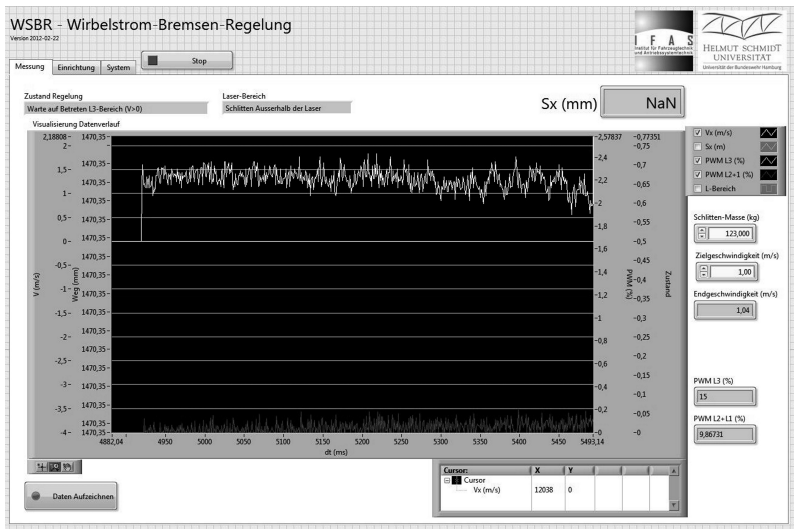


Bild 3: Visualisierung des Geschwindigkeitsverlaufs und des Bremsengriffs

Im Laufe des Projekts hat sich herausgestellt, dass die einzelnen Parameter des PID-Reglers abhängig von der Zielgeschwindigkeit eingestellt werden müssen.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel dieses Projekts war es, die Geschwindigkeitsabweichungen bei Aufprallversuchen auf einer Katapultbahn zu reduzieren, um die Reproduzierbarkeit der Versuche zu erhöhen. Gelungen ist es mithilfe der am Institut entwickelten und in Betrieb genommenen Wirbelstrombremse. Der Regelalgorithmus funktioniert in den Grundzügen, muss aber optimiert werden.

Im kommenden Teilprojekt werden die einzelnen Parameter des PID-Reglers für die einzelnen Geschwindigkeitsbereiche ermittelt, damit die Wirbelstrombremse universell eingesetzt werden kann.