

Entwicklung eines unipolaren differentiellen Ladungsverstärkers für die Anwendung in eingebetteten Diagnosesystemen zur Druckmessung in Spritzgussmaschinen

M.Schneider¹, A. Jahn¹, N. Greifzu¹, N. Fränzel²

¹Hochschule Schmalkalden, Fakultät Elektrotechnik, Blechhammer 6-9, 98574 Schmalkalden, Deutschland

²Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, Am Vogelherd 50, 98693 Ilmenau, Deutschland

Einleitung: Für die Überwachung der Fertigungsparameter beim Spritzgießen werden vorwiegend piezoelektrische Drucksensoren verwendet. Diese Sensoren werden fest in das Spritzgusswerkzeug in die Kavitäten integriert und unterstützen den Maschinenbediener bei der Überwachung des Fertigungsprozesses. Nachteil dieser Sensoren sind die benötigten Ladungsverstärker, welche relativ hohe Versorgungsspannungen und aufwendige Analogschaltungstechnik benötigen. Der hier erarbeitete Ladungsverstärker zeichnet sich durch eine Versorgungsspannung von 3,3V und der geringen Baugröße aus. Er kann somit ohne zusätzlichen Aufwand an handelsübliche Mikrocontroller angebunden werden. Diese Voraussetzungen ermöglichen den speziellen Einsatz von Eingebetteten Diagnosesystemen (EDS) im Spritzgießwerkzeug. Der entwickelte Verstärker arbeitet nach dem Chopper-Prinzip, seine Funktionsweise wird in Abbildung 1 veranschaulicht und erläutert. In Abbildung 2 ist der schematische Aufbau des erarbeiteten Verstärkers mit angeschlossenen Messhardware und ein Platinausschnitt des Prototypens dargestellt. Mit Hilfe der numerischen Berechnungssoftware SCILAB wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, dazu zählen Verifikation der Simulationsdaten, Bestimmung des Signalausabstands, Schwellwertbestimmung des Chopperverstärkers, Messungen im Fertigungsprozess und Optimierung der Sensordaten mittels Kalmann-Filtern.

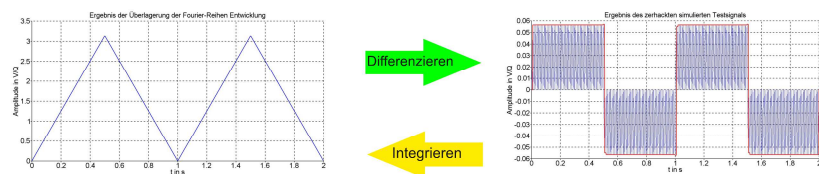


Abbildung 1: Darstellung der Funktionsweise des Chopperverstärkers.

Methodik: Für den Funktionstest wird am Eingang des Verstärkers mit einem Funktionsgenerator ein eingestellter Spannungsverlauf (Dreieckssignal) angelegt. Diese Spannungsänderung erzeugt eine Ladungsänderung sowohl am Trennkondensator, wie auch an der Bereichskapazität (zweiten Kondensator). Diese Ladungs-/ Spannungsänderungen werden im Operationsverstärker (OPV) verstärkt und in äquidistanten Abständen gesampelt. Die eingestellte Abtastrate beträgt 1kHz. Im Anschluss der AD-Wandlung erfolgt ein Resetten des Eingangssignals mittels einer Referenzspannungsquelle. Somit wird eine Differenzierung des Eingangssignals realisiert. Das Ursprungssignal kann mittels einfacher mathematischer Operationen und einer numerische Integration der Samplewerte rekonstruiert werden. Als Testsignal wird eine Dreiecksspannung mit einer Amplitude von 100mV und einer Periodendauer von $T=1s$ mit einem HM2525 Signalgenerator erzeugt und am Eingang angeschlossen. Mit den durchgeführten Laboruntersuchungen konnten die

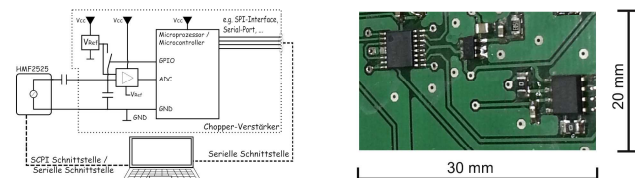


Abbildung 2: (links) Schematischer Aufbau des Chopper-Verstärkers mit Messaufbau, (rechts) Platinenabschnitt eines Labormusters

Simulationsergebnisse verifiziert, der Schwellwert und das Signalausverhältnis des Chopper-Verstärker bestimmt werden. Die Untersuchungen wurden sowohl in einer Klimakammer bei zwei Temperaturpunkten ($T_1 = 25^\circ C$, $T_2 = 50^\circ C$), wie auch unter Fertigungsbedingungen durchgeführt. Die Sensorsignale wurden mittels eines im Spritzgusswerkzeug implementierten Eingebetteten Diagnosesystems aufgezeichnet und an einen Empfangs- und Auswertecomputer weitergeleitet. Um die aufgezeichneten Drucksignale eines Priamus 6001A Innendrucksensor mit dem entwickelten Chopper-Verstärker verifizieren zu können, wurden ein zusätzlicher Kraftsensoren (Typ KM26 10kN) an den Auswerferstiften befestigt und parallel gemessen und ausgewertet. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen einen parallel aufgezeichneten Spritzgusszyklus mit beiden Sensorensignalen. Mit Hilfe eines Kalmann Filteransatzes wurde Versuche unternommen, um eine mögliche Signalo Optimierung beider Sensorsignale und eine Datenreduktion realisieren zu können.

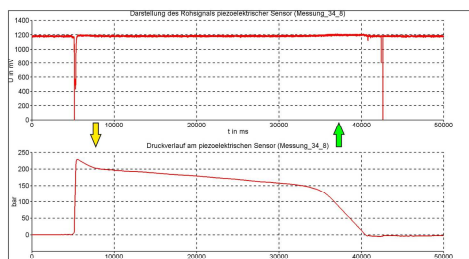


Abbildung 3: (oben) Aufgezeichnetes Rohsignal des Chopper-Ladungsverstärkers, (unten) Druckverlauf am piezoelektrischen Sensor

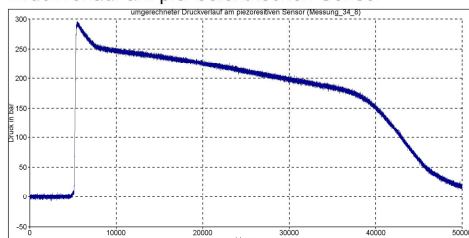


Abbildung 4: parallel aufgezeichnetes Kraftsignal

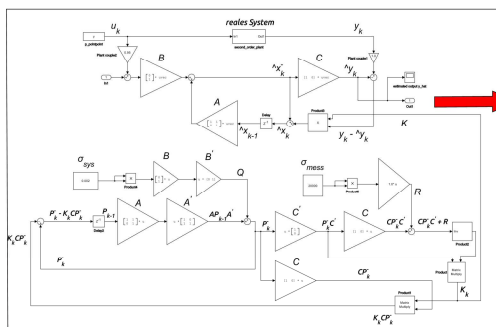


Abbildung 5: Filterdesign mit Kalmann-Ansatz

Mittel bei 31,49dB (T_1) und bei 30,96 dB (T_2). Wie man im direkten Vergleich der Abbildung 3 und 4 sehen kann, entstehen ähnliche Signalverläufe an beiden Sensoren. Das Kraftsignal ist mit einem Rauschsignal überlagert, die Druckkurve besitzt einen deutlich geringeres Rauschen, ist jedoch relativ störanfällig. Mit dem erarbeiteten Kalmann-Filter ist es möglich beide Signale zu fusionieren und eine erhebliche Verbesserung des Messsignals realisieren zu können. Die Abbildung 6 zeigt das Ergebnis der Datenfusion beider Sensorarten. Der rote Graph zeigt das ursprüngliche Kraftsignal, die schwarze Kurve das fusionierte Druck-Kraftsignal. Des Weiteren konnte somit die Datenmenge von zwei Sensoren um die Hälfte verringert werden.

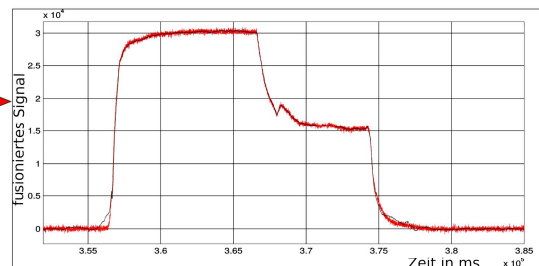


Abbildung 6: Ergebnis des fusionierten Druck-Kraftsignals

Schlussfolgerung: Abschließend kann gesagt werden, dass der entwickelte Ladungsverstärker auch im Fertigungsprozess robuste und saubere Signale mit einer guten Auflösung liefert. Dieser Verstärker ermöglicht eine direkte Ankopplung an digitale Auswertecomputer und dient somit als Schnittstelle zwischen piezoelektrische Drucksensoren und der Vernetzung von Spritzgusswerkzeugen für geplante Smart Factory Anwendungen. Weitere Erkenntnisse der Datenfusion sind noch Gegenstand laufender Untersuchungen.