

Anwendungen von drahtlos abfragbaren akustischen Oberflächenwellensensoren und Identifikationsmarken

F. Seifert (1), A. Pohl (1), L. Reindl (2), R. Steindl (1)

(1) TU Wien, A-1040 Wien, Franz.Seifert@tuwien.ac.at

(2) TU Clausthal, früher Siemens München, D-38678, reindl@iei.tu-clausthal.de

Zusammenfassung

Der Einsatz von akustischen Oberflächenwellen Bauelementen (OFW) in Identifikations- (ID) und Sensorsystemen ermöglicht die Funkabfrage von ID und Sensorgröße bewegter Objekte im Abstand von bis zu mehreren Metern. Deren Temperatur, Deformation sowie Lage und Bewegungsgröße wird durch die elektrische Signalverarbeitung im speziellen Abfragegerät erfasst und durch die ID zugeordnet. Mehrere Anwendungen der OFW Funksensorik auf Bauteilen im Maschinenbau und in der Messtechnik, für deren Sensoren Drahtverbindungen zum Auslesen bzw. bei denen eine Stromversorgung nicht oder nur mit großen Nachteilen herstellbar sind, werden diskutiert.

Entwicklung

In den Jahren 1993 bis 2001 wurden durch unsere Gruppe an der TU Wien drahtlos abfragbare ID und Sensorsysteme entwickelt und erprobt. Deren OFW Schlüsselbauelemente hat Leo Reindl im Siemens Forschungslabor München (heute EPCOS) entworfen und hergestellt. Wie in seinem vorhergehenden Beitrag [1] dargestellt, sind dies mit kleinen Interdigitalwandlern (IDT) gemäß dem gewünschten ID Reflexionsmuster angezapfte OFW- Laufzeitleitungen nach einer Idee aus den 80-er Jahren [2].

Akustische Reflexion

An jedem IDT wird gemäß der akusto-elektrischen Streumatrix P_{ij} ($i,j=1,2,3$) ein Teil der von beiden Seiten 1 und 2 auf den IDT einfallenden OFW a_1 und a_2 als b_1 und b_2 reflektiert und ein Teil in den Strom i_3 und die Spannung u_3 an den elektrischen Klemmen des IDT umgesetzt. Bei den hier auftretenden Amplituden ist der IDT linear und reziprok.

Damit findet man für einen mit $Z_L=u_3/i_3$ elektrisch abgeschlossenen IDT die Reflexion von a_1 zu

$$P_{11}(Z_L) = \frac{b_1}{a_1} = P_{11}^{sc} + \frac{2P_{13}^2}{P_{33} + 1/Z_L} \quad \text{eq.1}$$

Hier ist P_{11}^{sc} der bei elektrischem Kurzschluss ($u_3=0$) am Tor 1 gemessene OFW Reflexionskoeffizient.

Die angezapfte OFW Laufzeitleitung wird über eine am Eingangs-IDT angebrachte Antenne mit einem elektrischen Abfrageimpuls

(Burst) beaufschlagt: So entsteht ein mit Schallgeschwindigkeit (3 km/s) laufender OFW Burst, der am betrachteten elektrisch angezapften IDT zu einem geringen Teil $P_{11}(Z_L)$ reflektiert wird und elektrisch über die Antenne um die doppelte Laufzeit zeitversetzt und entsprechend Z_L amplituden- und phasenmoduliert an das Abfragegerät rückgestrahlt wird.

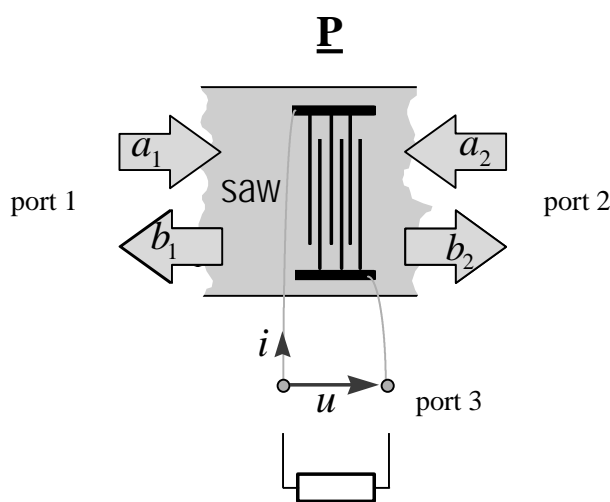


Abbildung 1: elektrisch angezapfter IDT

Für ID- Anwendungen sind bis zu 32 reflektierende IDT vorgesehen, für Sensorzwecke sind es i.a. zur Erzielung von Eindeutigkeiten mehrere. Dementsprechend ist jeder elektrische Antwortimpuls des ID-Tags sehr schwach (bis 40 dB unter dem Abfrageimpuls). Eine genaue Messung des Zeitversatzes und der Amplitude und Phase ist schwierig, besonders für OFW ID-Sensoren mit verschiedenen Abständen zum Abfragegerät. (Wegen dem passiven Transponder gilt i.a. eine r^{-4} Distanzabhängigkeit.)

-
- [1] L. Reindl, R. Weigel, "Grundlagen der Funksensorik und Identifikation mit akustischen OFW-Sensoren", DAGA 03, Programm Sensorik pg.158.
- [2] P.A. Nysen, H. Skeie and D. Armstrong, "System for interrogating a passive transponder carrying phase-encoded information", US Patent Nos. 4725841; 4 625 207; 4 625 208 (1983-1986).

Anwendungen

Unserer Gruppe ist es gelungen, diese anspruchsvolle Problemstellung der Signalverarbeitung in Form von optimierten Abfragegeräten verschiedener Komplexität hervorragend zu lösen [3,4,5].

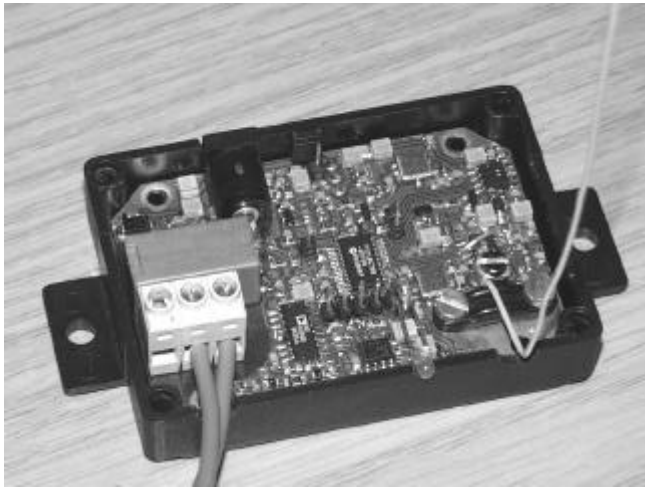


Abbildung 2: Miniaturisiertes Abfragegerät

Als Temperatursensor für die Bremscheiben eines Eisenbahnwagens und als Drucksensor für Fahrzeugreifen konnte ein ID-Tag ohne elektrische Beschaltung ($Z_L = \infty$) verwendet werden.

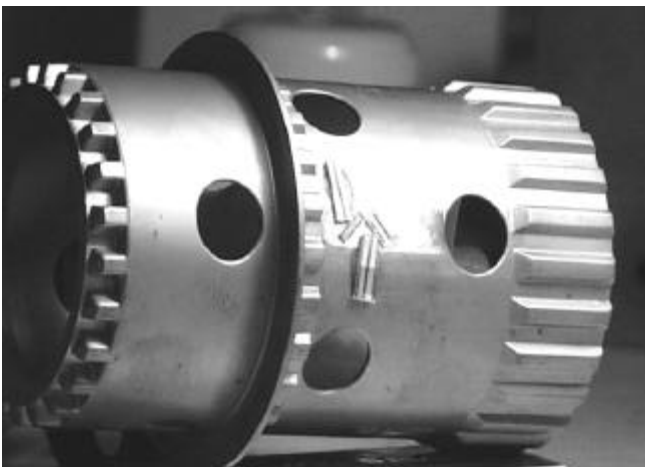


Abbildung 3: Drehmomentmessung

Eine Erweiterung der Sensorgrößen auf die Deformation von Autoreifen, Abnutzung von Kolbenringen und Magnetfeldstärke konnte durch Beschaltung, d.h. von Z_L mit einer Piezoelement-gesteuerten Diode, mit einer abnutzungsabhängigen Kapazität und einem giant-magneto-impedance (GMI) Element erreicht werden [7]. Dazu wurde auch das Abfragegerät verbessert [8]. Die vorläufig letzte Arbeit behandelte den Einsatz als Magnetfeldsensor zur Messung von Drehzahl und Drehwinkel eines Rades [9].



Abbildung 3: Kraftschlussmessung bei KFZ Reifen

Schlussfolgerungen

Akustische Oberflächenwellenbauteile als passive Funksensoren haben dort großes Potenzial, wo durch widrige Umweltbedingungen die modernen Halbleitersensoren mit autonomer Energieversorgung oder mit Fernspeisevorrichtungen nicht einsetzbar sind.

Vielfältige Möglichkeiten ergeben sich bei Trennung der Transponder- und der Sensorfunktion durch Kombination von angezapften IDT mit externen impedanzgebenden Sensorelementen.

-
- [3] G. Tobolka, "Mixed Matrix Representation of SAW Transducers", IEEE Trans. Sonics and Ultrasonics, 1979, Vol. 26, No.6, pp. 426-428.
 - [4] A. Pohl, "A Review of Wireless SAW Sensors", IEEE Transactions on Ultrasonics Ferroelectrics and Frequency Control, Vol. 47, No. 2, March 2000, pp. 317-332.
 - [5] A. Pohl, G. Ostermayer, F. Seifert, "Wireless Sensing Using Oscillator Circuits Locked to Remote High-Q SAW Resonators", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, Special issue on sensors and actuators, Vol. 45, No. 5, September 1998, pp. 1161-1168.
 - [6] A. Pohl, "A Low Cost High Definition Wireless Sensor System Utilizing Intersymbol Interference", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, Special issue on sensors and actuators, Vol. 45, No. 5, September 1998, pp. 1355-1362.
 - [7] R. Steindl, Ch. Hausleitner, H. Hauser, W.E. Bulst, "Wireless Magnetic Field Sensor Employing SAW Transponder", Proc. IEEE Int. Symp. o. Appl. of Ferroelectrics, ISAF 2000, pp. 855-858.
 - [8] Ch. Hausleitner, R. Steindl, A. Pohl, F. Seifert, "Low Cost Radio Interrogation Systems for Passive SAW Sensors and Transponders", Proc. IEEE ISAF 2000, pp. 847-850.
 - [9] Ch. Hausleitner, R. Steindl, A. Pohl, H. Hauser, A. Goiser, F. Seifert, "Cordless Batteryless Wheel Mouse Application Using Radio Requestable SAW Devices and the Giant Magneto-Impedance Effect", IEEE Trans. MTT, Vol. 49, April 2001, pp. 817-821.