

Differenzmessverfahren zur präzisen Erfassung physikalischer Parameter unabhängig vom Absolutwert

1. Einleitung

Das vorliegende Dokument beschreibt ein neuartiges Messverfahren zur Erfassung minimaler Unterschiede physikalischer Größen zwischen zwei Messpositionen.

Im Gegensatz zu konventionellen Sensoren, die absolute Messwerte erfassen oder aufwendig umfangreich kalibriert werden müssen, erfasst dieses Verfahren ausschließlich die Differenz. Absolute Werte, Offsets, Drift oder Grundrauschen werden systematisch unterdrückt.

Diese Technologie ermöglicht eine neue Klasse miniaturisierbarer, stabiler, energieeffizienter Sensorkonzepte in unterschiedlichen Märkten, einschließlich Industrieautomatisierung, Energie, Medizintechnik, Umweltüberwachung und High-Tech-Anwendungen.

2. Grundprinzip des Differenzmessverfahrens

Der Kern der Innovation besteht in einem Messverfahren, das

- zwei räumlich, spektral oder anders getrennte Messsignale X_2 , X_1 erfasst,
- Gleichanteile und alle absoluten Anteile eliminiert und
- ausschließlich die Differenz ΔX wahrnimmt und ausgibt.

Das Verfahren ist dabei unabhängig vom absoluten Wert, sodass Messungen wie:

- Temperaturdifferenzen
- Druckdifferenzen
- Intensitätsdifferenzen
- Spannungs- oder Feldgradienten
- mechanische Bewegungs- oder Dehnungsunterschiede
- spektrale oder chemische Gradienten

ohne Kalibration auf einen absoluten Referenzwert erfolgen können.

3. Technische Architektur

3.1 Sensorschnittstelle

Die Technologie verhält sich wie eine passive Messbrücke (Differenzmessbrücke), d.h.

- sie stellt ein analoges Signal bereit,
- das analog oder nach einer Analog-Digitalwandlung aufbereitet werden kann
- und kann grundsätzlich Differenzen von allen physikalischen Größen erfassen, die auch mit normalen Sensormessbrücken erfasst werden können.

Sensorisch genutzt werden

- Widerstands-, kapazitive und induktive Sensor-Elemente
- optische Empfänger (Photowiderstände, Photodioden, Spektrometer)
- thermische Sensoren (Thermistoren, Thermoelemente)
- mechanische Wandler (DMS, MEMS, Folienwiderstände)
- chemische Elektroden (pH, Redox, Ionensensoren)

3.2 Signalverarbeitung

Die Signalverarbeitung besteht aus:

- einer physikalischen und elektronischen Brückenverstärkerschaltung mit
- rauschoptimierter Differenzverstärkung
- temperatur-, drift- und alterungskompensierter Vorverarbeitung

Diese Architektur ermöglicht hohe Empfindlichkeit bei gleichzeitig sehr geringem Aufwand für Kalibration, da absolute Werte keinen Einfluss haben.

4. Vorteile gegenüber konventioneller Messung

4.1 Eliminierung von Kalibrationsbedarf

Da die Differenz gemessen wird, entfällt die Notwendigkeit einer Absolutkalibration, was insbesondere in rauen Umgebungen oder bei alternden Sensoren vorteilhaft ist.

4.2 Unempfindlichkeit gegenüber Drift und Offsets

Alterungsprozesse, Temperaturschwankungen oder mechanische Instabilitäten beeinflussen beide Messpunkte gleichermaßen und kompensieren sich dadurch vollständig.

4.3 Detektion kleinster Signale auf hohem Grundniveau

Selbst kleinste Änderungen auf einem dominanten Grundsignal (z. B. Mikrovolt auf 100 V, 10 mbar auf 10 bar) können zuverlässig erfasst werden.

4.4 Energie- und Ressourceneffizient

Geringere Verstärkungsanforderungen und reduzierte Kompensationsmechanismen senken Energiebedarf und Kosten.

4.5 Modularität und Plattformfähigkeit

Das Verfahren lässt sich auf nahezu alle physikalischen Größen übertragen und ist damit plattformfähig.

5. Anwendungsfelder

5.1 Industrie & Automatisierung

- Druck- und Temperaturgradientüberwachung
- Thermomanagement
- Maschinenzustandsdiagnose
- Vibrationsanalyse

5.2 Energie, Umwelt & Infrastruktur

- Luftqualitätsmonitoring (chemische Gradienten)
- Bauwerks- und Brückenüberwachung

5.3 Medizintechnik

- Atemflussmessung
- Analytik, Pulsoxymetrie, Blutgasanalyse
- Verbrauchs- und Druckgradienten in Pumpen
- Sensorik in Wearables und Implantaten

5.4 Optik & Photonik

- spektrale Differenzmessung
- Differenzphotometrie für Materialanalyse

5.5 Forschung & High-End-Technik

- Reinraum-Differenzdruck
- Gradientenmessung in Mikrofluidik
- Magnetfeld- oder Temperaturgradiometrie
- Seismik

6. Zusammenfassung

Das vorgestellte Differenzmessverfahren stellt eine universelle, driftfreie und hochpräzise Technologie zur Erfassung kleinster physikalischer Unterschiede dar. Es besitzt signifikante Vorteile hinsichtlich Stabilität, Energieeffizienz, Skalierbarkeit und Integrationsfähigkeit. Die Technologie eignet sich sowohl für die Entwicklung neuer Sensorplattformen als auch zur Aufwertung bestehender Systeme.