

# Stromwandler mit Rogowski-Spulen

Automatisierte Prozesse erfordern die kontinuierliche Erfassung von Betriebsdaten in Echtzeit und deren dynamische Übertragung an die Steuerung der Anlage. Besondere Bedeutung hat hier die Strommessung, bei der traditionell magnetische Stromwandler eingesetzt wurden und werden. Eine neue Technik basiert auf planaren Rogowski-Spulen und erschließt der Strommessung weitere Möglichkeiten und Anwendungen.

## Anwendungsgebiete von Strommessungen

Normalerweise werden automatisierte Prozesse anhand von Parametern wie Temperatur, Druck, Drehmoment oder Position gesteuert. Die Messung des elektrischen Stromes einer Last liefert jedoch mehr Informationen als nur den aktuellen Messwert und bietet daher Vorteile:

- Schnelligkeit, weil Lastwechsel sofort festgestellt werden und damit Ausfälle und Prozessunterbrechungen verhindert werden können.
- Einfachheit, weil der Wandler direkt um einen stromführenden Leiter gelegt werden kann und keine komplizierten Träger und Klammern angeschraubt oder angeschweißt werden müssen.
- Zuverlässigkeit, da die Stromwandler robuster als elektromechanische Geräte sind.
- Wirtschaftlichkeit, da durch die schnelle Montage und die zuverlässigen Langzeiteigenschaften Kosten langfristig gespart werden.

In der Automatisierung wird die Strommessung in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt, die in vier Hauptgruppen unterteilt werden können.

Die erste Gruppe ist das Gebiet der Prozesssteuerung. Der elektrische Strom liefert wichtige Informationen über den Herstellungsprozess selbst und hilft damit, die Qualität der Produktion zu überwachen. Die Überwachung der Gleichbelastung aller drei Phasen der Heizofenversorgung in einer Gummifabrik kann z. B. einen sehr großen Einfluss auf die Qualität der Produktion haben. Das zweite Anwendungsgebiet für Strommessungen ist die Früherkennung von Funktionsstörungen. Bisher richtete sich die Wartung von Maschinen generell nach bestimmten Zeitintervallen und nicht nach einer wirklichen Verschleißdiagnostik. Um das Risiko einer Stillstandszeit zu vermeiden, muss daher der Ersatz von Werkzeugen oder Moto-

ren früher als notwendig geplant werden. Dies führt zu Mehrkosten beim Produktionsinvestment. Die Strommessung ist ideal zur Verfolgung des Lebenszyklus von Maschinen (Über- oder Unterlast, mechanischer Verschleiß, usw.) und zur Erstellung realistischer Analysen zwecks effizienter Nutzung und Wartung dieser Maschinen.

**Energiemanagement** stellt die dritte wichtige Gruppe für die Nutzung der Strommessung dar. Die Bestimmung des genauen Energieverbrauchs in den einzelnen Phasen des Herstellungsprozesses anhand von Strommessungen erlaubt die Lokalisierung besonders energieintensiver Teilprozesse. Auf der Grundlage dieser Analyse können alternative Lösungsmöglichkeiten zum Ersatz dieser Teilprozesse oder zur Erhöhung der Effizienz erarbeitet werden. Ein weiteres Teilgebiet des Energiemanagements ist die präzise Zuordnung von Stromkosten.

Die letzte Anwendungsgruppe steht in Zusammenhang mit der **Anlagenverwaltung von Versorgungsunternehmen**. Zur Kostensenkung und auch zur Produktivitätssteigerung kommen Internet-basierte Fernüberwachungssysteme zum Einsatz. Für Firmen, die Motorpumpen in einem Wasserwerk oder Straßenlaternen überwachen, ist die Strommessung die schnellste und kostengünstigste Lösung.

## Strommessung nach dem Rogowski-Prinzip

Zunehmend wird jedoch auch bei der Strommessung mehr Leistung in Form von höherer Genauigkeit, Bandbreite oder Funktionen für kürzere Montagezeiten durch einen teilbaren Kern erwartet, was mit herkömmlichen Stromwandlern zu vertretbaren Kosten kaum realisierbar ist. Die PRIME-Technologie (Planar-Rogowski-I-Messung) umgeht Einschränkungen, die durch die Magnetkreise der konventionellen Stromwandler bedingt sind. Sie funktioniert auf der Basis des 1912



1 AP- und APR-Stromwandler arbeiten mit der PRIME-Technik nach dem Rogowski-Prinzip. Fotos: LEM



2 Wandlerkopf, bestehend aus mehreren einzelnen Sensor-Leiterplatten sowie einer Basisleiterplatte

entdeckten Rogowski-Prinzips, bei dem eine Spule mit dem Magnetfeld, das durch den zu messenden Strom erzeugt wird, magnetisch gekoppelt ist. In der Spule wird ein Spannungssignal induziert, das proportional zur Höhe der Änderung des magnetischen Flusses und damit proportional zur Höhe der Änderung des zu messenden Stroms ist. Ursprünglich basiert das Rogowski-Prinzip auf einer Spulenwicklung. Aufgrund der hohen Herstellungstoleranzen bei gewickelten Spulen wird die Genauigkeit durch die Position des Primärleiters im Gerät sowie durch eventuelle externe Magnetfelder beeinflusst, die z. B. durch die Nähe zu einem anderen Leiter erzeugt werden.

Die PRIME-Technik vermeidet dieses Phänomen durch Verwendung zweier Teile für den Wandlerkopf, bestehend aus mehreren einzelnen Sensor-Leiterplatten sowie einer Basisleiterplatte (Bilder 1 und 2). Die Sensor-Leiterplatte hat zwei separate Luftspulen, die auf einer mehrlagigen Leiterplatte aufgebaut sind. Die Sensoren sind im rechten Winkel zur Basisleiterplatte angeordnet und in Serie geschaltet, sodass sie zwei konzentrische Schleifen bilden

Zur Durchführung von Messungen muss der stromführende Leiter innerhalb der Öffnung des Wandleroberteiles positioniert werden. Dadurch wird ein wechselnder Magnetfluss erzeugt, der auf die Sensoren übertragen wird und damit eine Spannung induziert, die proportional zur Steilheit des Stroms ist ( $di/dt$ ). Wie bereits erwähnt, ist die Empfindlichkeit gegenüber externen Störquellen ein traditioneller Nachteil des Rogowski-Prinzips. PRIME erreicht durch eine Kompensationstechnik jedoch ein hohes Maß an Unempfindlichkeit gegenüber externen Einflüssen. Beim Vorhandensein einer externen Störstromquelle liegt der wesentliche Vorteil der

Technologie darin, dass das Verhältnis der induzierten Spannung in jeder Schleife der Sensorleiterplatte beinahe konstant ist, unabhängig von der Stärke oder Position dieser externen Quelle. Daraus resultierend werden die externen Magnetfeldeinflüsse aufgehoben. Bedingung ist, dass die induzierte Spannung im richtigen Verhältnis in der äußeren Schleife von jener in der inneren Schleife abgezogen wird.

Da letztendlich das aufgenommene Signal proportional zur Ableitung des Stromes ist, ist es notwendig, die induzierte Spannung im Wandlerkopf zu integrieren, um sowohl die Amplituden-, als auch die Phaseninformationen für den zu messenden Strom zu erhalten. Der integrierte Schaltkreis wird so nah wie möglich beim Wandlerkopf belassen, um die Aufnahme von Streuinduktivitäten zu reduzieren, die eine mögliche Fehlerquelle darstellen können.

Da das Verfahren eine Luftspule als Sensorelement verwendet, gibt es im Unterschied zu Stromwandlern mit magnetischem Kern keine magnetische Hysterese, Sättigung oder Nichtlinearität. Dies hat folgende Vorteile:

- Weiter dynamischer Bereich (charakteristisches Verhältnis von 1000:1 für einen herkömmlichen Wandler) und hohe Überlastbarkeit
- Große Bandbreite (mehrere kHz)
- Geringeres Gewicht als herkömmliche Stromwandler
- Höhere Genauigkeit im gesamten Mess-/Temperaturbereich
- Problemlose Realisierung als „Aufsteckgerät“ (kein kompliziertes mechanisches Gehäuse zur Erzielung eines minimalen Luftspalts)
- Isoliertes Ausgangssignal (z. B. 4-20 mA) ohne zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen.

L. Moreau, J. Koß