Galvanisch getrennte Wandler in Niederspannungsanlagen

W. Gebhart, Wiener Neudorf

Der direkte Anschluss von Messmitteln an das Niederspannungsnetz ist oftmals aus Sicherheitsgründen eingeschränkt. Die Eingangsgröße muss daher mit Messwandlern an den Eingangsbereich der Messmittel angepasst werden. Die hohen Werte einer Netzgröße werden durch Wandlung und galvanische Trennung auf niedrige Werte herabgesetzt und weitgehend amplituden- und phasengetreu abgebildet. Die Messung gestaltet sich dadurch einfacher und gefahrloser. Im Überblick werden die Wandlertechnologien erläutert und die grundlegenden Daten zusammengefasst (Tafel 1).

1 Wandler für Wechselstromgrößen

1.1 Wechselstromwandler

Wechselstromwandler sind Transformatoren, deren Sekundärwicklung nahezu im Kurzschluss betrieben werden (Bild 1). Ein Betrieb bei unbelasteter Sekundärwicklung verursacht – wegen der nicht vorhandenen Gegeninduktion und der dadurch bedingten Vervielfachung der Eisenverluste – eine starke Erhitzung des Eisenkerns und im Extremfall dessen Explosion. Zusätzlich entsteht wegen des meist großen Übersetzungsverhältnisses an den Sekundäranschlussklemmen eine hohe, gefährliche Spannung, die Überschläge zwischen den Wicklungen verursachen kann.

Der Sekundärkreis darf keinesfalls aufgetrennt werden. Es dürfen keine Sicherungen im Sekundärstromkreis verwendet werden.

Autor

Ing. (FH) *Walter Gebhart* ist freier Mitarbeiter der Fa. LEM-Norma in Wiener Neudorf bei Wien.

Wechselstromwandler werden mit genormten Sekundärströmen 1/2/5 A und meist in den Genauigkeitsklassen 0,1/0,2/0,5/1/3/5 gebaut.

1.2 Wechselspannungswandler

Wechselspannungswandler sind Transformatoren, deren Sekundärwicklung nahezu unbelastet betrieben wird (Bild 2). Eine kurzgeschlossene Sekundärwicklung kann zur Zerstörung des Wandlers führen.

Der Schutz durch Sicherungen ist angebracht. Der Ausgang u wird abgesichert. Klemme v wird gemeinsam mit dem Kern bzw. dem Gehäuse geerdet.

Wechselspannungswandler werden ebenfalls in den Genauigkeitsklassen 0,1/0,2/0,5/1/3 gebaut.

Typische Anwendungen

Energieversorgungsanlagen und industrielle Anwendungen, wo keine Gleichstromkomponenten auftreten und der Frequenzbereich eingeschränkt ist.

Baugrösse und Gewicht sind nur beschränkt optimierbar, das Preis-Leistungsverhältnis ist sehr gut.

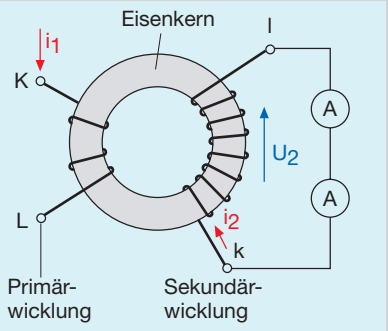
2 Wandler für Mischgrößen

2.1 Direktabbildende Halleffektwandler

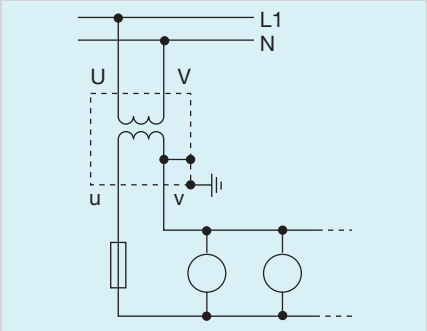
Direkt abbildende Wandler nutzen den Halleffekt. Der Halleffekt erzeugt in einem

Tafel 1 Daten der verschiedenen Wandlertechnologien im Überblick

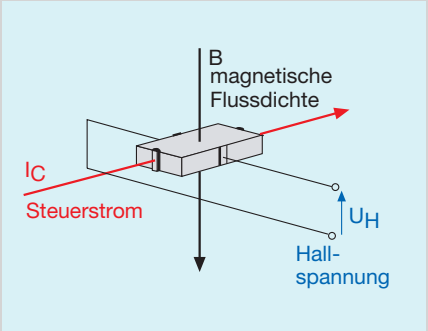
	Wechselstrom- und -spannungswandler	Direktabbildende Hallwandler	Halleffekt-Kompensationswandler	Flexible Stromwandler	Tragbare Stromzangen
Meßbereich	0 ... 10000 A 0 ... 1000 V	0 ... 18000 A 0 ... 9000 V	0 ... 15000 A 0 ... 7000 V	0 ... 60000 A	0 ... 1000 A
Frequenzbereich	15 ... 500 Hz	0 ... 25 kHz	0 ... 500 kHz	8 Hz ... 100 kHz	(0) ... 100 kHz
Genauigkeit (typisch)	0,1 ... 5 %	1%	2 ppm ... 0,5 %	1%	0,5 ... 1 %
Umgebungstemperatur	– 40 ... + 85 °C	– 25 ... + 85°C	– 40 ... +85 °C	– 20 ... + 85 °C	– 20 ... +85°C



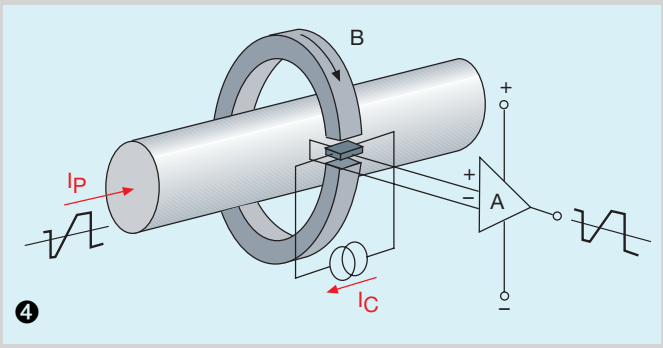
1 Prinzip des Stromwandlers
Die Klemmen K und L werden in Energieflussrichtung in den Stromkreis geschaltet. An die Sekundärwicklung (k, l) werden die Strompfade aller Verbraucher in Reihe angeschlossen.

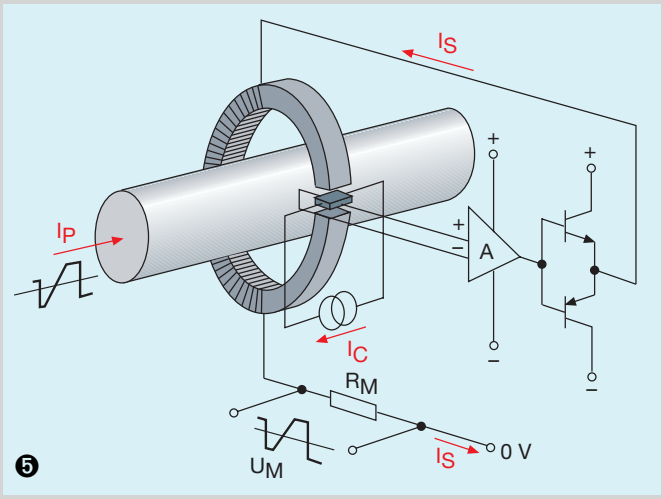


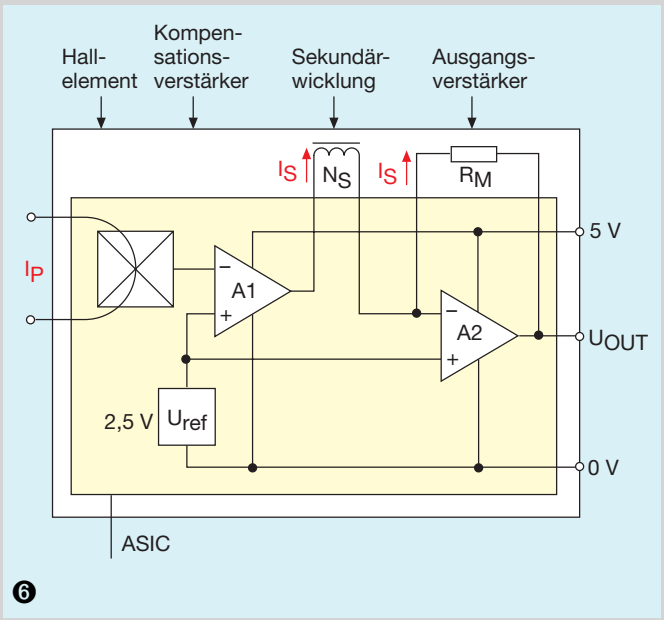
2 Prinzip des Spannungswandlers
Die primärseitigen Klemmen U, V werden parallel zum Netz angeschlossen. Die Verbraucher liegen sekundärseitig in Parallelschaltung an den Klemmen u, v.



3 Einflussgrößen auf die Hallspannung des Halleffekts







4 Umwandlung des Primärstromes in eine Ausgangsspannung

5 Halleffekt-Kompensationswandler

6 Prinzipschaltbild eines Halleffekt-ASIC-Bausteins

Halbleiterplättchen, dass von einem konstanten Steuerstrom I_C durchflossen und senkrecht dazu von der Magnetflussdichte B durchsetzt wird, die Hallspannung U_H. Sie ist proportional zu B (Bild 3).
Die an der Enstehung der Hallspannung beteiligte magnetische Flussdichte B wird durch den zu messenden Strom I_p erzeugt und in einem ferromagnetischen Kreis konzentriert (Bild 4). Den Steuerstrom I_C liefert eine Konstantstromquelle im Hallgenerator.
Im linearen Bereich der Hysterese des magnetischen Kreises ergibt sich die Hallspannung

$$U_H = K \cdot I_p.$$

Das Messsignal U_H wird anschließend verstärkt und steht je nach Ausführungsform des Wandlers als proportionales Strom- oder Spannungssignal zur Verfügung.
Bei direktabbildenden Spannungswandlern mit Halleffekt wird der primäre Strom I_p durch einen Vorwiderstand eingeprägt.

Typische Anwendungen

Direktabbildende Wandler können mit galvanischer Trennung Gleich- und Wechselströme sowie Ströme komplexer Wellenform messen. Sie zeichnen sich durch geringe Stromaufnahme, kleine Baugröße und geringes Gewicht aus.
Sie verursachen im Messkreis keine Einfügungsverluste und vertragen Überströme sehr gut. Zu den typischen Anwendungen zählen vor allem:

- Frequenzumrichter
- elektrische Schweißanlagen
- unterbrechungsfreie Stromversorgungen
- elektrische Bahnsysteme
- Galvanisieranlagen.

2.2 Halleffekt-Kompensationswandler

Eine zusätzliche Kompensationsschaltung im Inneren des Wandlers ermöglicht es, die Leistungsdaten der Wandler deutlich zu verbessern. Je nach Ausformung der Kompensationsschaltung können magnetischer Offset und Temperaturdrift soweit verringert werden, dass eine Linearität von 1 ppm erreicht werden kann (Bild 5).
Während die direktabbildenden Stromwandler als Ausgangsspannung die verstärkte Hallspannung U_H liefern, wird bei Kompensationswandlern der I_P proportionale Sekundärstrom I_S als Gegenkopplungssignal auf den Ringkern zurückgeführt. Das System arbeitet somit bei einer Flussdichte von Null. I_S ist das exakte Abbild von I_P.
Bei der neueren Generation von Kompensationswandlern werden alle aktiven elektronischen Komponenten, einschließlich Hallelement, in einem ASIC-Baustein zusammengefasst (Bild 6).
Dank dieser Integration lassen sich Bauteiltoleranzen und Temperaturdrift wesentlich leichter kompensieren, die EMV-Festigkeit ist bedeutend größer und die Gehäuseabmessungen werden reduziert.
Das Frequenzverhalten aller Kompensationswandler ist sehr gut. Es werden Grenzfrequenzen bis 500 kHz erreicht.

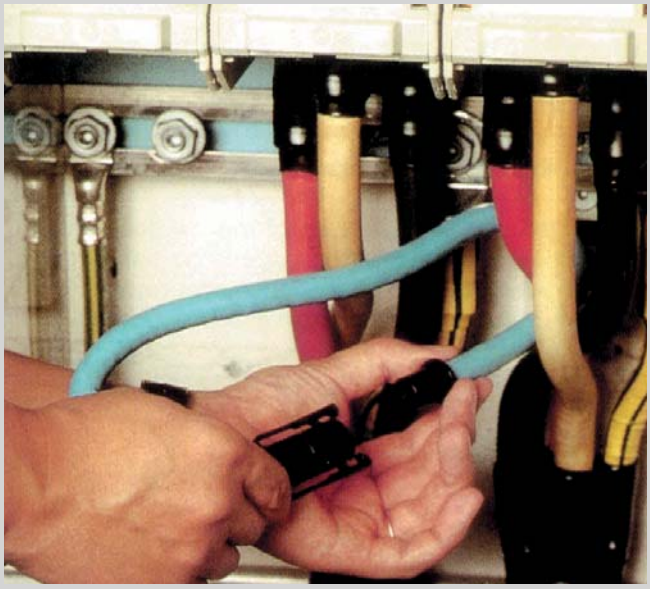
Typische Anwendungen

Neben den bereits bei den direktabbildenden Hallwandlern genannten Anwendungen sind noch folgende zu erwähnen:

- Stromrichter für Servomotoren (z. B. Robotik)
- Radarstromversorgungen
- Laborprüfstände
- Erfassung und Messung von Differenzströmen (Erdschlussströme).

3 Flexible Wechselstromwandler

Während die bisher vorgestellten Wandler für die feste Montage in Anlage oder Gerät vorgesehen sind, ermöglichen flexible Stromwandler das bequeme Anlegen an einen oder mehrere Stromleiter, unabhängig von deren Form und Größe.
Kernstück des flexiblen Wandlers ist eine zylinderförmige Spule, die gleichmäßig um einen biegsamen, isolierenden Kunststoffzylinder gewickelt ist.



❼ Ein flexibler Stromwandler wird um einen schwer zugänglichen Leiter gelegt



❽ Leistungsmesszange – die Strommessung mit Halleffektwandler erfasst sowohl Gleich- als auch Wechselströme

(Fotos: LEM)

Die biegsame Spule wird um den stromführenden Leiter gelegt und beide Enden werden verriegelt (Bild ❼). Die Luftspule (Rogowskispule) liefert eine Spannung, die der Stromänderung im umfassten Leiter proportional ist. Ein konstanter Gleichstrom erzeugt folglich keine Ausgangsspannung. Um von einer unteren Grenzfrequenz ab unabhängig von der Frequenz den tatsächlichen Verlauf des Stromes wiedergeben zu können, muss die in der Spule induzierte Spannung integriert werden. Das erledigt eine Auswerteelektronik in einem kleinen Kunststoffgehäuse.

Flexible Stromwandler besitzen eine hohe obere Grenzfrequenz und sind deshalb gut zur Messung von hohen impulsförmigen Wechselströmen einsetzbar. Die analoge Ausgangsspannung ermöglicht den Anschluss an fast jedes Auswertegerät (Multimeter, Oszilloskop, Datenlogger usw.).

Typische Anwendungen

- Stromverteilungsanalyse
- Oberwellenanalyse
- Leistungsmessung
- Wartung, Reparatur, Inbetriebnahme.

4 Tragbare Stromzangen

Mit Zangenstromwandlern können ohne Stromkreisunterbrechung schnelle und genaue Messungen an verschiedenen Einsatzorten durchgeführt werden. Sie sind deshalb besonders für Inbetriebnahme-, Reparatur- und Wartungsarbeiten geeignet.

Während klassische Stromzangen nach dem Transformatorprinzip arbeiten, und deshalb nur Wechselströme im begrenzten Frequenzbereich verarbeiten können, liefern Halleffektstromzangen ein direktes Abbild von Gleich-, Wechsel- oder Mischströmen bei einer Bandbreite bis zu 100 kHz.

Da Stromzangen während der Messung meist in der Hand gehalten werden, sind besonders die Einhaltung der Sicherheitsstandards und die angegebene Überspannungskategorie zu beachten. Halleffektstromwandler vermeiden durch ihre isolierten Backenflächen die Gefahr von Kurzschlüssen an blanken Leitern oder Schienen.

Bild ❽ zeigt als Beispiel eine Leistungsmesszange, bei der die Strommessung mit einem Halleffekt-Stromwandler erfolgt. ■