

Low cost, High performance : Sie haben die Wahl! Die direktabbildenden, ASIC-basierten Stromsensoren HAIS, HXS und HTFS. Made to Measure. from Stéphane Rollier, Marc Laforêt & Hans Dieter Huber

Im heutigen Kontext des globalen Wettbewerbs können die Anforderungen an leistungselektronische Bauelemente wie folgt zusammengefasst werden: niedrige Kosten ohne Performance-Kompromisse, kleine Baugröße und eine unipolare 5V-Stromversorgung.

LEM, präsent in allen Märkten der Leistungselektronik wie Antrieben, unterbrechungsfreie Stromversorgungen, Schalt- und andere Netzteile, ist der führende Anbieter, wenn es um Strommessung für Regelungs-, Überwachungs- und Schutzaufgaben in

Geräte geht. LEM hat natürlich auch für diese Markterfordernis ein passendes Konzept: die Lösung sind ASIC-basierte direktabbildende Hall-Effekt-Stromsensoren.

Ein ASIC („Application Specific Integrated Circuit“, anwendungs-spezifischer integrierter elektronischer Schaltkreis) ist, wie die Bezeichnung andeutet, ein integrierter Schaltkreis für eine Anzahl von genau auf die Anwendung zugeschnittenen Funktionen auf einem Chip. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten für eine günstige Produktion in großen Stückzahlen, aber auch bezüglich technischer Randbedingungen wie zum Beispiel des Einsatzes unipolarer Stromversorgungen mit niedriger Spannung.

Diese unipolare Stromversorgung mit plus fünf Volt wird bei Geräten der Leistungselektronik immer häufiger vorgesehen, weil viele Mikroprozessoren und Mikrocontroller diese Spannung benötigen und oft auch der Spannungsbereich für die analoge Signalverarbeitung zwischen Null und plus fünf Volt beträgt, was den Einsatz von Analog-Digital- (A/D-) Umsetzern erleichtert. In einem derartigen System müssen alle eingesetzten Bauelemente an diese Versorgungsspannung angepasst sein.

Darüber hinaus ergibt sich auch die Gelegenheit, neue Märkte zu erreichen, die bisher aus Kostengründen oder wegen des zur Verfügung stehenden Einbauraums nicht zugänglich waren, zum Beispiel Anwendungen in der Automobiltechnik. Der hier vorgestellte **ASIC** ist neu - nicht aber die



Abb 1. LTSR-Sensor für Nennstromströme von 6, 15 und 25 A.

Erfahrungen von LEM mit dieser Technik: 1997 erfolgte die Markteinführung der LTS-Sensoren (Abb. 1), der ersten stromkompensierten Sensoren mit einem ASIC.

Mit diesem Stromsensor standen vorher unerreichbare Vorzüge - darunter die geringe Baugröße und die unipolare Versorgung mit fünf Volt, aber dank der Driftkompensation und der präzisen eingebauten Referenzspannungsquelle auch eine hohe Genauigkeit - zur Verfügung.

Ermutigt durch die gute Akzeptanz der LTS-Familie, die sich zu einem Bestseller entwickelte, setzte man bei LEM durch die Einführung direktabbildender Stromsensorfamilien, die auf einem eigenen Hall-Effekt-ASIC beruhen, weiterhin auf marktgerechte Innovation mit dem richtigen

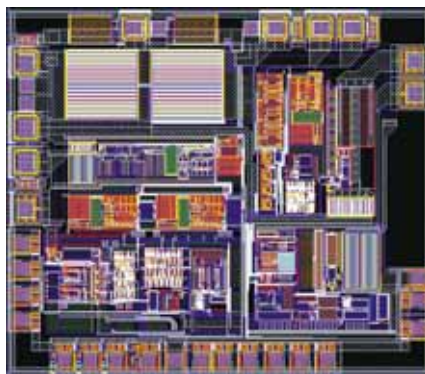


Abb 2. LEM ASIC mit Halleffektzellen.

Produkt für den Anwender.

Es gibt bereits genügend Erfahrung am Markt mit ASICs, die den Hall-Effekt ausnutzen (Abb. 2), weshalb das Ziel der Entwicklung über ein leicht abgeändertes Produkt für direktabbildenden Sensoren hinausging:

Das zusätzliche Plus, das diesen ASIC einzigartig und unangefochten macht, wurde in Spezifikationen gefunden, die nie zuvor für

einen derartigen ASIC erreicht wurden: deutlich erhöhte Linearität, Stabilität, niedrigere Drift und keine Beeinflussung in elektromagnetisch gestörten Umgebungen. Diese Punkte sind es, durch die sich dieser ASIC von bestehenden Anwendungen deutlich unterscheidet.

Strommessung in der Leistungselektronik

Die Verwendung digital arbeitender Steuerkomponenten wie Mikroprozessoren revolutionierte die Welt der Leistungselektronik. Damit wurde ein neuer Schritt hin zu verbesserter Regelung, Überwachung und Schutz trotz günstigerer Bauteile mit eingeschränkten Leistungsdaten gesetzt. Das Ziel war die bestmögliche Steuerung durch den Einsatz eines Werkzeugs: der Kombination eines Mikroprozessors und eines A/D-Umsetzers, der oft schon in den Mikroprozessor integriert ist.

Diese Kombination war der ausschlaggebende Faktor für den Erfolg zum Beispiel von neuen, kostengünstigeren und hochleistungsfähigen Antriebsgenerationen.

Zwei der wichtigsten Voraussetzungen für derartige Systeme sind:

1. Die Komponenten, die direkt mit dem Mikroprozessor und/oder dem A/D-Umsetzer verbunden sind, müssen mit deren Versorgungsspannung arbeiten

2. Es muss ein niedriger Stromverbrauch gewährleistet werden. Tatsächlich stehen pro Bauelement nur einige Milliampere Stromaufnahme zur Verfügung.

Niedrigere Kosten werden auch durch ratiometrisch arbeitende A/D-Umsetzer erreicht, wie sie oft in Mikrocontrollern integriert sind (manchmal dient dieses Konzept nur dem Schutz und nicht der Steuerung).

Mit diesen neuen Bauteilen wurde die

Ein einzigartiger ASIC von LEM für direktabbildende Stromsensoren

Kompatibilität zu bewährten Bauteilen beibehalten, die erreichte Messgenauigkeit aber erhöht.

So kann etwa die Nullpunktabweichung (Offset) während des Systemstarts ermittelt und im Betrieb berücksichtigt (subtrahiert) werden.

Bezüglich der Referenzspannungen ergeben sich ähnliche Vorteile bei einem digitalen Konzept. Bei der Verwendung einer einzigen Spannungsreferenz für alle um den Prozessor angeordneten Komponenten ergeben sich besser Einflussmöglichkeiten auf eine hohe Systemgenauigkeit, sowohl bezüglich Offset als auch bezüglich Drift.

Abgesehen von technischen Gesichtspunkten besteht auch die Anforderung der Kostensenkung. Die Technik der direktabbildenden Hall-Effekt-Stromsensoren hat sich als preisgünstigste Technologie auch wegen ihres niedrigen Strombedarfs bewährt. Viele Alternativen, wie magnetfeldabhängige Widerstände (z.B. GMR, „Giant Magneto Resistance“) oder am Markt verfügbare integrierte Schaltkreise wurden in Erwägung gezogen und analysiert. Dabei stellten sich aber gravierende Nachteile, wie Offsetverschiebungen nach Überlast (Hysterese) oder nichtlineares und instabiles Verhalten nach Stromspitzen heraus.

Unter Berücksichtigung von all dem glauben wir, dass die Kombination **der Technologie der direktabbildenden Stromsensoren mit einem speziell angepassten ASIC** den besten Kompromiss für die von neuen Komponenten für leistungselektronische Anwendungen benötigten Eigenschaften darstellt.

Viele heute am Markt verfügbare ASICs erlauben eine einfache Integration von direktabbildenden Hall-Effekt-basierten Stromsensoren. Die Einführung der kompensierenden Stromsensoren der Baureihen LTS und LTSR mit ASIC-Technologie stellte schon einen zukunftsweisenden Schritt dar: ein einzigartiger Messumformer und bei neuen leistungselektronischen Anwendungen sehr erfolgreich.

Als eine logische Konsequenz mußte die Entwicklung eines ASICs als Antwort auf den Markttrend hin zu direktabbildenden Sensoren zu einem einzigartigen Produkt und zu besseren Eigenschaften als die der sonst am Markt für diese Anwendung verfügbaren ASICs führen.

Direktabbildende Stromsensoren – eine kleine Auffrischung

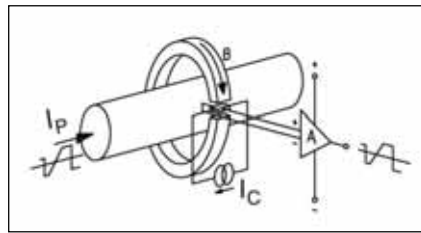


Abb 3. Funktionsprinzip direktabbildender Stromsensoren.

Direktabbildende Stromsensoren (Abb. 3) bestehen aus einem um den Leiter mit dem zu messenden Strom angeordneten linearen Hallelement befindet. Der weichmagnetische Kern und der Hallelement sind vom Primärleiter isoliert.

Die Ausgangsspannung des Hallelementes stellt ein lineares Abbild der vom zu messenden Strom verursachten magnetischen Induktion im Luftspalt dar. Sie wird noch aufbereitet und dann über einen Verstärker zum Ausgang geführt.

Direktabbildende Stromsensoren bieten viele Vorteile:

- eine einfache Elektronik.
- Im Gegensatz zu kompensierenden Stromsensoren gibt es keine Sekundärwicklung, deren relativ hoher Strom einen teuren Leistungsverstärker nötig macht.
- Ein gutes Preis-/Leistungsverhältnis.
- Geringe Stromaufnahme.
- Eine kleinere Bauform bei höheren Strömen.

Nachteile sind:

- Die relative hohe Variabilität von Nullspannung und Verstärkung.
- Ein kleinerer Frequenzbereich, bis etwa 25 oder 50 kHz, je nach der Leistungsfähigkeit der Elektronik und den Eigenschaften des Kernmaterials.
- Eingeschränkte Genauigkeit bei der Messung von Gleich- und Wechselströmen.
- Überhitzung bei hochfrequenten Strömen aufgrund von Hysterese- und Wirbelstromverlusten.

Obwohl Preis und Baugröße sie attraktiv machten, war bisher war der Einsatz direktabbildender Stromsensoren bei manchen Anwendungen wegen ihrer eingeschränkten Genauigkeit (Offset- und Verstärkungsdrift sowie Störungen bei schnellen Gleichtaktspannungsänderungen) nicht möglich.

LEM entwickelte für direktabbildende Stromsensoren einen einzigartigen ASIC mit dem Namen "PASS", der bei diesen kritischen Parametern deutliche Verbesserungen bringt.

Eine der größten Herausforderungen war die Kompensation der verschiedenen Parametervariationen (Nullspannung und Verstärkung).

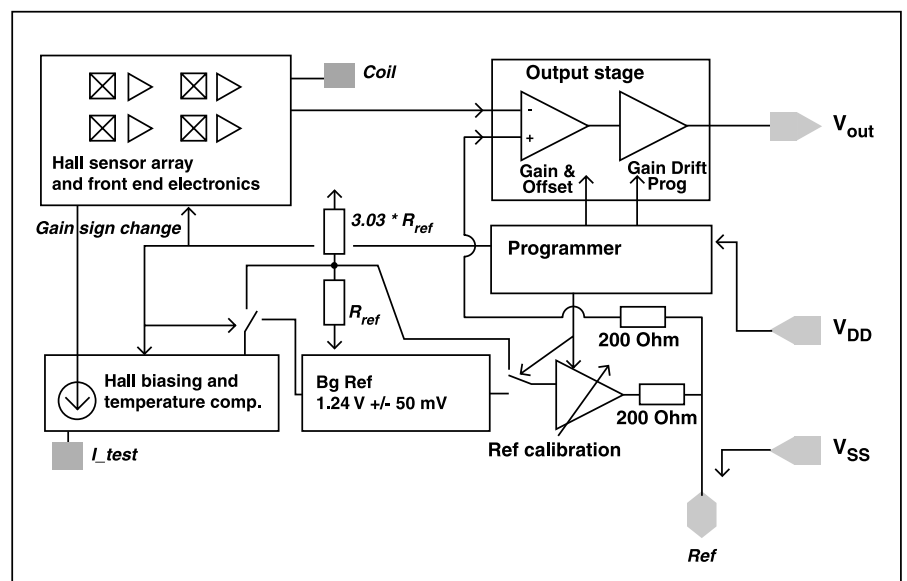


Abb 4. der PASS-ASIC - genau auf die Anforderungen der direktabbildenden LEM-Stromsensoren abgestimmt.

Der "PASS"-ASIC von LEM - die wichtigsten Kenndaten

Das Messelement, der Hallgenerator, ist direkt in den Siliziumchip integriert, der auch die analoge Signalverarbeitung sowie ein digitales Parametriermodul für den Abgleich von Offset und Verstärkung enthält.

Die dynamische Korrektur des Offsets und seiner Änderungen sowie weitere Schaltungsteile zur thermischen Korrektur helfen dabei, ein stabiles Übertragungsverhalten zu erzielen.

Das Resultat ist ein ASIC mit folgenden Eigenschaften :

-Stromversorgung mit plus **fünf Volt**

-Großer Bereich der Empfindlichkeit, einstellbar von 5.5 bis 40 Volt/Tesla

-Parametrierbare Werte für die Verstärkung (ratiometrisch oder absolut) und die Nullpunktsspannung

-Ein einziger Anschluss für Referenzspannungsein- und ausgang

-Schutz aller Anschlüsse gegen elektrostatische Entladungen (ESD)

-Kurzschlussfeste Ausgänge

Der ASIC kann sowohl mit seiner internen, genauen und stabilen Spannungsreferenz (2,5 Volt) als auch mit einer externen Referenzspannung von 2 bis 2,8 Volt arbeiten. Die interne Referenzspannung steht dem Anwender über einen Anschluss zur Verfügung und kann Lasten mit einer minimalen Impedanz von 200 Kiloohm treiben. Diese Referenzspannung kann vom Mikroprozessorsystem überwacht werden, um die Anfangsnullpunktsspannung jederzeit zu kompensieren.

Steht eine externe Referenzspannung zur Verfügung, kann diese verwendet werden, indem sie an den Referenzanschluss angelegt wird. Dies kann zum Beispiel die Referenzspannung des Mikrocontrollers oder des A/D-Umsetzers sein.

So können mehrere Kreise die selbe Referenz verwenden, und der Mikroprozessor kennt in Echtzeit die vom ASIC verwendete Bezugsspannung, wobei dadurch auch eine Unabhängigkeit von ihren Schwankungen erreicht wird.

Dadurch, dass die Referenz eines der Ausgangssignale des ASIC ist, können alle durch sie bedingten Fehler vermieden werden und im gesamten System muss nur eine Referenzspannung verwaltet werden.

Als Bedingung beim Anschluss einer externen Referenzspannungsquelle gilt, dass diese einen Strom von 2,5 Milliampere aufnehmen können (wenn diese das Minimum von 2 Volt beträgt) beziehungsweise einen Strom von 1,5 Milliampere liefern können muss (beim zulässigen Maximum von 2,8 Volt).

Erster Fall

Eine externe Referenzspannung von 2 Volt ist an den Stromsensor angeschlossen

Die Referenzspannungsquelle muss $(2.5\text{ V} - 2\text{ V}) / 200\ \Omega = 2.5\text{ mA}$ aufnehmen können

Zweiter Fall

Eine externe Referenzspannung von 2.8 Volt ist an den Stromsensor angeschlossen

Die Referenzspannungsquelle muss $(2.8\text{ V} - 2.5\text{ V}) / 200\ \Omega = 1.5\text{ mA}$ liefern können

Die Verwendung einer externen kann Referenz auch den Messbereich begrenzen.

Wird die interne Referenzspannung verwendet, sollte der Stromsensor typischerweise einen Messbereich von $\pm 3 I_{PN}$ aufweisen, wie es bei Antriebsanwendungen (Umrichter, Servos) für den Überlastbetrieb sowie bei Kurzschlüssen benötigt wird.

Bei einer Versorgung mit 5 Volt und bei Verwendung der internen Referenz beträgt die maximale Ausgangsspannung :

$$U_{aus} = U_{Ref} * \pm 2\text{ V} = 2,5\text{ V} * \pm 2\text{ V}.$$

$$U_{aus} \text{ (minimal): } +0,5\text{ V}.$$

$$U_{aus} \text{ (maximal): } +4,5\text{ V}.$$

Bei Verwendung einer externen Referenzspannung wird mit dem Anfangsoffset gleichzeitig auch der Messbereich festgelegt

Die Ausgangsspannung kann sich um ± 2 Volt, den maximalen Aussteuerbereich um den Anfangsoffset bewegen, bleibt dabei aber stets größer als 0,5 Volt und kleiner als 4,5 Volt (Begrenzung der Ausgangsstufe).

Ein Beispiel: beträgt die externe Referenzspannung 2 Volt, kann die Ausgangsspannung folgende Werte erreichen :

- + 2 Volt* + 2 Volt = + 4 Volt auf der positiven Seite
- + 2 Volt* - 1.5 Volt = + 0.5 Volt auf der negativen Seite.

Auf der negativen Seite wird der Spannungshub also auf 1.5 Volt begrenzt.

Zweites Beispiel: Wird eine externe Referenzspannung von 2,8 Volt verwendet, ergibt sich folgendes Resultat:

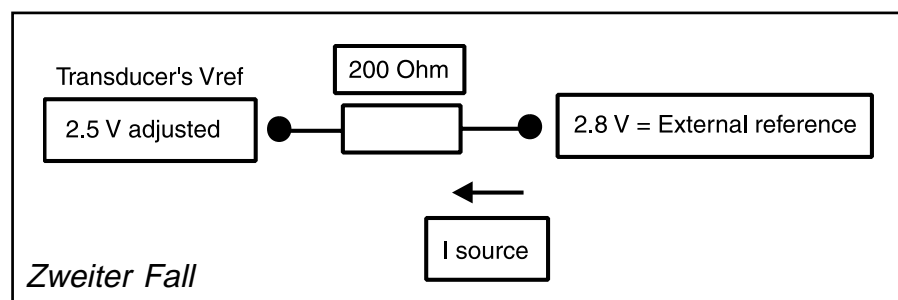
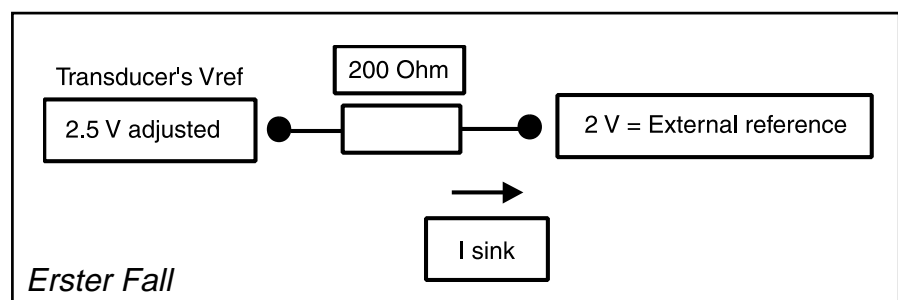
- + 2.8 Volt* + 1.7 Volt = + 4.5 Volt auf der positiven Seite. Es stehen 1.7 Volt als Spannungshub für den positiven Messbereich zur Verfügung.
- + 2.8 Volt* - 2 Volt = + 0.8 Volts auf der negativen Seite.

Wird der Offset ratiometrisch definiert, gelten für die Berechnung des Ausgangsspannungsbereiches die selben Regeln.

Im Vergleich zu traditionellen Einzelkomponenten schneidet der ASIC auch bezüglich des Temperaturbereichs sehr gut ab: er beträgt **-40 °C bis +85 °C**, bei einigen neueren Modellen sogar bis zu **+105 °C**.

Dies kommt besonders dem Einsatz in Gabelstaplern entgegen, wo die Umgebungstemperaturen in Lagern extreme Werte annehmen können.

Die Sprungantwort der ASIC-basierten



* (+ einer bestimmten Toleranz)

Die HXS-Typen - Kenndaten

Transducers ist im Vergleich zu traditionellen Hallelementen ein wenig anders. Bei einer Stromänderungsgeschwindigkeit von 100 A/μs beträgt die Antwortzeit etwa 4 μs, wie aus Abb. 5 hervorgeht. Diese Zeit liegt sowohl für den Kurzschlusschutz als auch für die Stromregelung innerhalb vertretbarer Grenzen. Die etwas längere Zeit ergibt sich durch die dynamischen Offsetdriftkompensation der Hallelemente.

Bedingt durch diese Driftkompensation ist auch das Rauschen am Sensorausgang gegenüber solchen mit traditionellen Hallelementen etwa um den Faktor 3 größer. Es beträgt etwa 10 mV (Spitze-Spitze), entsprechend 1,6 % der Ausgangsspannung bei Nennstrom.

Wegen der hohen Schaltfrequenz der Driftkompensationsschaltung von etwa 500 kHz ergeben sich daraus für übliche Anwendungen keine Nachteile. Bei sehr schnellen Stromregelschleifen sollte das dynamische Verhalten bei der Auslegung berücksichtigt werden.

Eine andere Eigenschaft des ASICs ist die Programmierbarkeit von Offset und Verstärkung. Der Anfangsoffset wird bestmöglich abgeglichen und darauf die Verstärkung auf den für den definierten Messbereich benötigten Wert, um immer eine möglichst hohe Ausgangsspannung zu erzielen. Diese Programmierung wird bei der Herstellung des Stromsensors durchgeführt.

Mit einem einzigen ASIC ist es so möglich, bei Nennstrom immer eine gleich hohe Ausgangsspannung zu erreichen.

So decken nur **drei Familien von direktabbildenden Sensoren einen weiten Strombereich ab:**

- HXS 20..50-NP** (Abb. 6)
- HAIS 50..400-P** (Abb. 17)
- HTFS 200..800-P** (Abb. 22)

Designwerkzeug

In allen kommt der gleiche ASIC zum Einsatz, alle wurden genau auf die Anforderungen der Leistungselektronik hin konzipiert.

Bei der Auslegung des Magnetkreises kam ein FEM-Programm zum Einsatz (Methode der finiten Elemente, 3-dimensional), um mit einem Minimum eines geeigneten Magnetmaterials das Auslangen zu finden (Abb. 7).

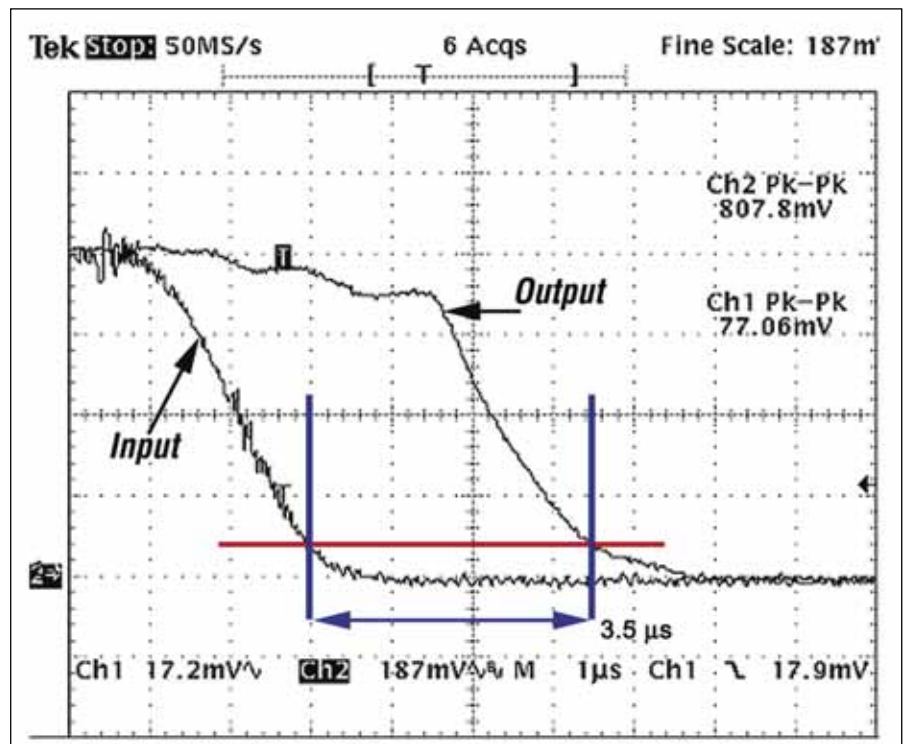


Abb 5. Verhalten bei schnellen Stromänderungen

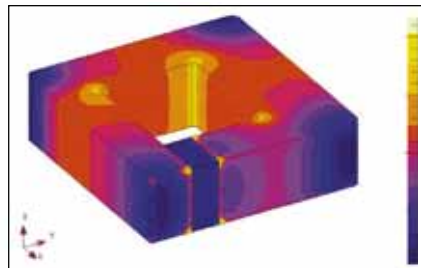


Abb 7. Modellrechnung der Induktion im Magnetkreis des HXS.

HXS 20..50-NP

Sehr kompakt (18.5 x 16.5 x 10 mm) und hundertprozentig für die Leiterplattenmontage konzipiert, verfügen diese Sensoren über integrierte Primärleiter für mehrere Messbereiche. Die selbe Anschlussbelegung wird für die Versionen mit 20 Ampere und 50 Ampere (Nenneffektivstrom) verwendet, wodurch eine ganze Umrichterbaureihe abgedeckt werden kann.

Je nach der Verschaltung in der Leiterplatte kann der HXS 20-NP für Nennströme von 5, 10 oder 20 Ampere eingeztzt werden, der HXS 50-NP für solche mit 12,5, 25 oder 50 Ampere.

Die interne Referenzspannung steht an einem eigenen Anschluss zur Verfügung (*), der

auch als Eingangspin einer externen Referenz dienen kann. Verstärkung und Offset sind ab Werk eingestellt. Bei Nennstrom beträgt die Ausgangsspannung die Referenzspannung ±0,625 Volt.

Spezielle Anwendungen

Ein spezieller Typ (HXS 10-NP/SP3), der mit **zwei Primärwicklungen** (zur Serien- oder Parallelschaltung, je nach Anwendungsfall) ausgestattet ist, bietet die Möglichkeit, bei dreiphasigen Umrichtern nur zwei Stromsensoren einzusetzen (Abb. 8). So wird kein dritter Stromsensor benötigt und die Kosten werden reduziert.

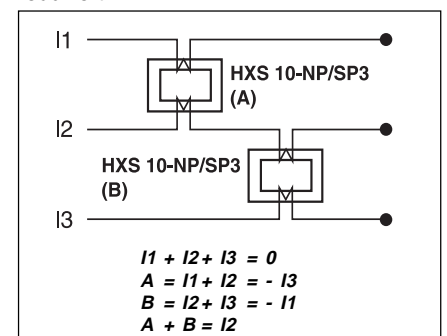


Abb 8. Messung von drei Phasenströmen mit nur zwei Stromsensoren.

* (+ einer bestimmten Toleranz)

Die HXS-Typen - Kenndaten

Diese Spezialausführung ist mit der Isolation zwischen den beiden Primärwicklungen genau auf diese Anwendung zugeschnitten.

Je nach Verschaltung (in Serie oder parallel) der Primärwicklungen können mit dem HXS 10-NP/SP3 Nennströme von 10 oder 20 Ampere gemessen werden.

Der HXS 20-NP/SP30 wurde für die Anwendung bei langen geschirmten Leitungen und die dort auftretenden kapazitiven Ströme sowie für **höhere Frequenzen** entwickelt. Die normale Erwärmung des Magnetkreises wurde dramatisch verringert. Der Stromsensor ist besonders für den Einsatz in

Frequenzrichtern, Schaltnetzteilen und kleinen USV-Anlagen geeignet.

Die Anwendung des speziellen Kernes ist eine Möglichkeit, den Frequenzgang des Stromsensors zu verbessern (Abb. 9 bis 12).

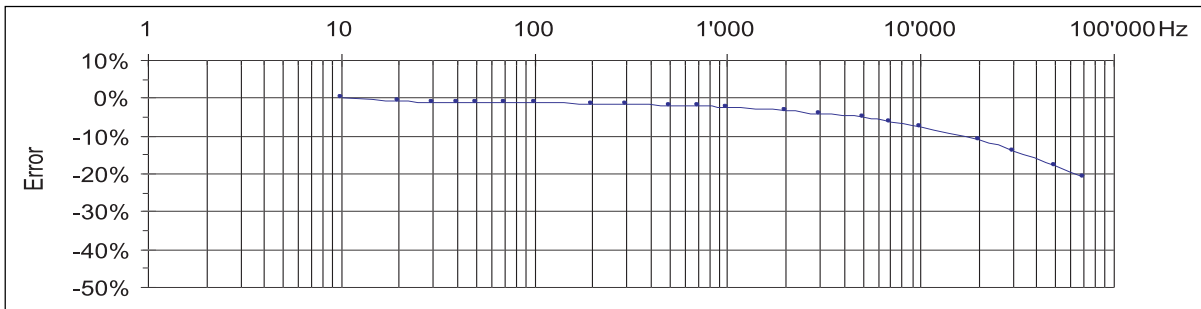


Abb 9. Frequenzgang von HXS 20-NP.

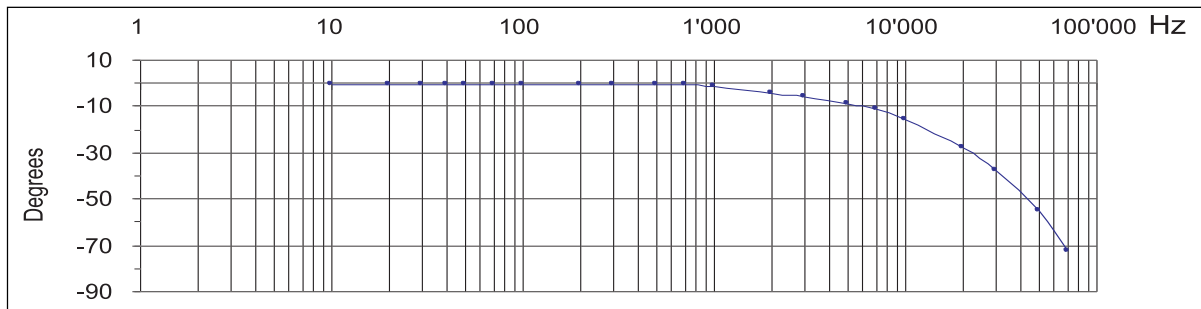


Abb 10. Phasengang von HXS 20-NP.

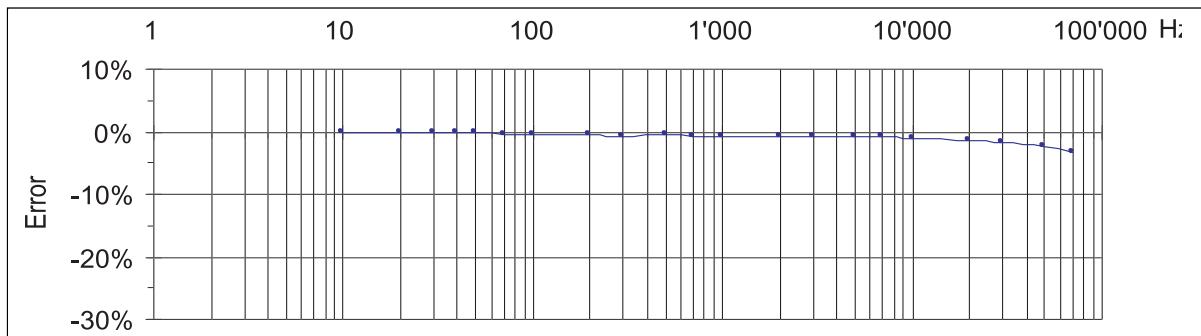


Abb 11. Frequenzgang von HXS 20-NP/SP30.

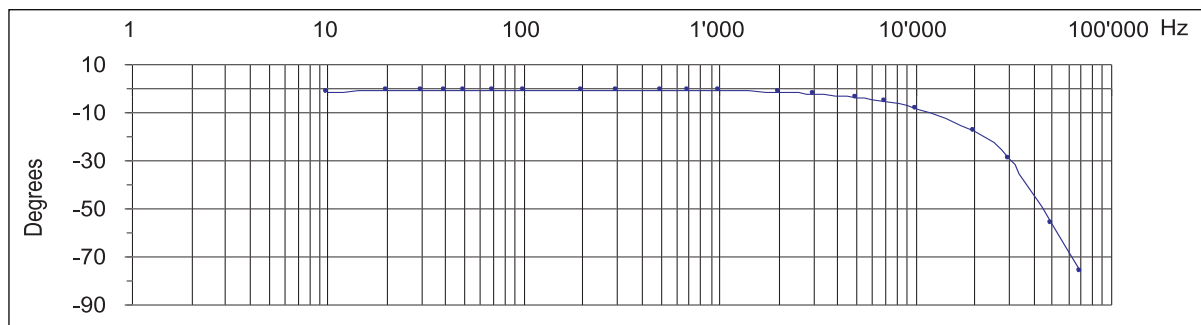


Abb 12. Phasengang von HXS 20-NP/SP30.

Die HXS-Typen - Kenndaten

Der HXS 20-NP/SP30 kann die Lösung bei Wärmeproblemen aufgrund hochfrequenter Ströme darstellen. Die andere Möglichkeit zur Vermeidung einer übermäßigen Erwärmung ist die Verwendung der Standardmodelle mit

einer entsprechenden Verminderung des Primärstromes bei höheren Frequenzen (Abb. 13). Die HXS 20...50-NP/SP2-Ausführung ist für höhere Umgebungstemperaturen ausgelegt (**-40°C bis +105°C** statt of -40°C bis +85°C).



Abb 6. HXS-Typen.

Die wichtigsten Eigenschaften der HXS-Serie

Typ	HXS 20-NP	HXS 50-NP	HXS 10-NP/SP3	HXS 20-NP/SP30
Besonderheiten	Standard	Standard	Zwei-Phasen-Ausführung	Spezieller Kern für geringere HF-Verluste
Primärwindungen/ Nenndurchflutung (I_{PN})	4 Wdg. / 20 Awdg.	4 Wdg. / 50 Awdg.	2 Wdg. / 20 Awdg.	4 Wdg. / 20 Awdg.
Messbereich	60 Awdg.	150 Awdg.	60 Awdg.	60 Awdg.
Linearitätsfehler	$\pm 0.5 \% I_{PN}$			
Versorgungsspannung	+ 5 V ($\pm 5\%$)			
Ausgangsspannung	$U_{ref} \pm (0.625 V \times I_p / I_{PN})$			
Referenzspannung	+ 2.5 V ± 25 mV			
Externe Referenzspannung	2 bis 2.8 Volt			
Messfehler	$\pm 1\%$			
Nullpunktverschiebung nach Überlast ($3 \times I_{PN}$ DC)	$\pm 0.7 \%$	$\pm 1 \%$	$\pm 0.7 \%$	$\pm 1.2 \%$
Temperaturdrift (U_{aus} / U_{Ref}) @ $I_p=0$	± 0.2 mV / K			
Temperaturdrift, U_{Ref}	$\pm 0.01 \%$ / K			
Temperaturdrift, U_{aus} @ $I_p=0$	± 0.4 mV / K			
Temperaturdrift, Verstärkung	$\pm 0.05 \%$ des Messwertes / K			$\pm 0.07 \%$ des Messwertes / K
Antwortzeit bis bis 90 % of I_{PN}	5 μ s			
Betriebstemperaturbereich	-40°C bis + 85°C			

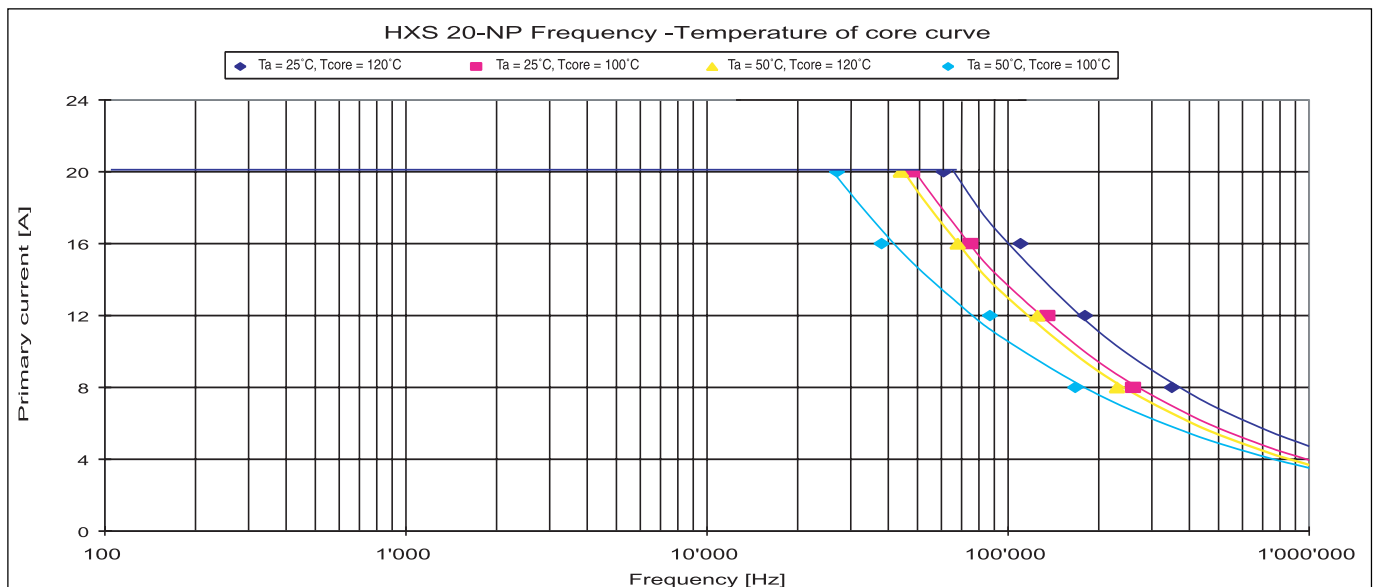


Abb 13. Derating-Kurven bei höheren Frequenzen für die HXS Standard-Typen.

Verbesserungen durch den ASIC-Einsatz in direktabbildenden Stromsensoren

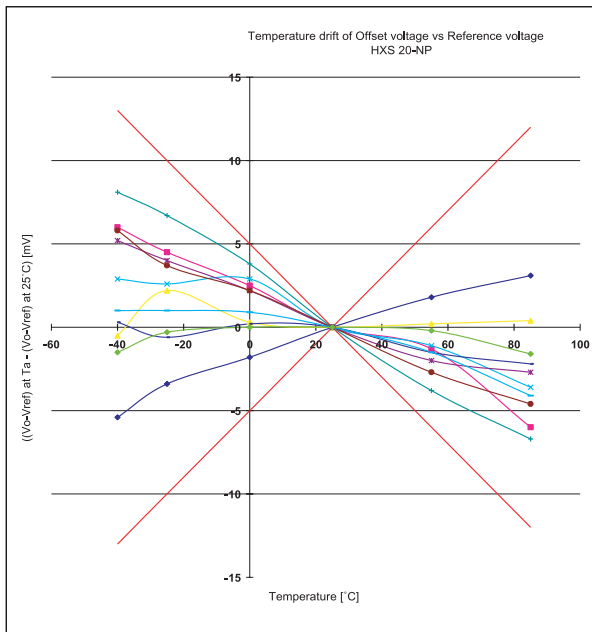
Der PASS-ASIC bildet die Grundlage für die Verbesserung der Genauigkeit direktabbildender Stromsensoren. Aus Abb. 14 geht hervor, dass Offset- und Verstärkungsvariationen sowie die Linearität mindestens 2x besser sind.

Der Temperatureinfluss auf die Offsetspannung beträgt maximal $\pm 0,2 \text{ mV/K}$ über den Betriebstemperaturbereich von -40°C to $+85^\circ\text{C}$ (bis $+105^\circ\text{C}$ für die SP2-Typen), was bei den Charakterisierungstests bestätigt wurde (Abb. 15)

Wie bereits weiter oben erwähnt, ist die Antwortzeit auf 90% des Nennstromes durch den ASIC vorgegeben. Andere Stromsensoren mit diesem ASIC (HAIS und HTFS) weisen den gleichen Wert auf (Abb. 16).

	Herkömmlicher direktabbildender Stromsensor (HY)	Direktabbildender ASIC-Stromsensor (HXS)		Herkömmlicher direktabbildender Stromsensor (HTB)	Direktabbildender ASIC-Stromsensor (HAIS)
Stromverbrauch	+ 10 mA	+ 22 mA	Stromverbrauch	+ 15 mA	+ 22 mA
Betriebs-temperaturbereich	- 10°C bis + 80°C	- 40°C bis + 85°C	Betriebs-temperaturbereich	- 20°C bis + 80°C	- 40°C bis + 85°C
Temp.drift, Offset	0.075 % / K	0.032 % / K (von U_{Ref})	Temp.drift, Offset	0.05 % / K	0.032 % / K (von U_{Ref})
Linearitätsfehler	1 %	0.5 %	Linearitätsfehler	1 %	0.5 %
Temp.drift Verstärkung	0.1 % / K	0.05 % / K	Temp.drift Verstärkung	0.1 % / K	0.05 % / K
Antwortzeit bis 90% I_{PN}	3 μs	5 μs	Antwortzeit bis 90% I_{PN}	3 μs	5 μs
Rauschen (Spitze-Spitze)	10 mV	20 mV (HF)	Rauschen (Spitze-Spitze)	10 mV	20 mV (HF)

Abb 14. Vergleich der Leistungsdaten traditioneller und ASIC-basierter direktabbildender Stromsensoren.



- ◆ Sample No 1
- Sample No 2
- ▲ Sample No 3
- ✕ Sample No 4
- ✱ Sample No 5
- Sample No 6
- ◆ Sample No 7
- Sample No 8
- Sample No 9
- ◆ Sample No 10
- TCV_{out}/V_{ref}: ±0,2[mV/K]

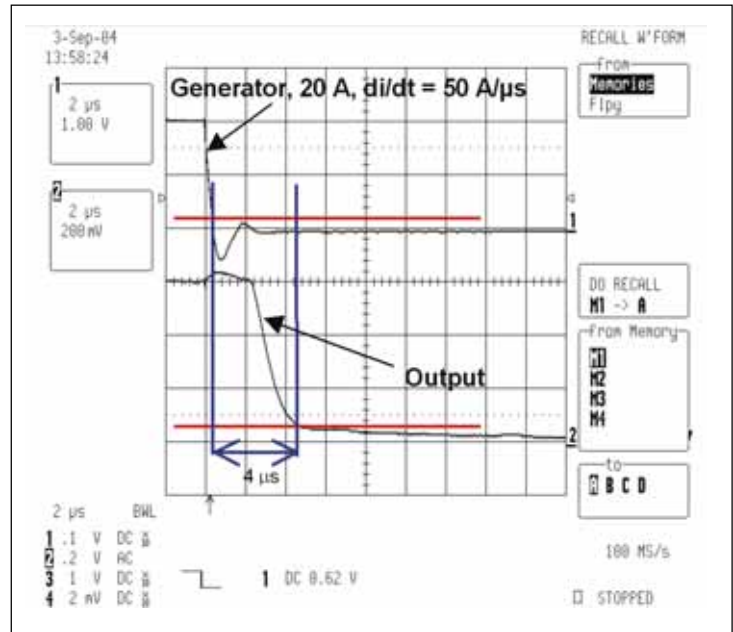


Abb 16. HXS 20-NP, Antwortzeit bis 90 % des Nennstromes ($I_p = 20 \text{ A}$, $di/dt = 50 \text{ A}/\mu\text{s}$).

Abb 15. Temperaturabhängigkeit der Offsetspannung des HXS 20-NP.

**HAIS 50...100-TP und
HAIS 50...400-P**

Die TP-Typen für Nennströme von 50 und 100 Ampere sind hundertprozentig für die Leiterplattenmontage konzipiert und beinhalten einen integrierten Primärleiter.

Alle fünf HAIS-P-Typen, die einen Nenneffektivstrombereich zwischen 50 und 400 A abdecken, besitzen die selbe Anschlussbelegung und verfügen über eine rechteckige Öffnung (15 x 8 mm) für den Primärleiter.

Der feste Halt auf der Leiterplatte ist durch 2 runde Metallpins sichergestellt, von denen einer auch eine Masseverbindung darstellt, um eine bessere Unterdrückung von Gleichtaktstörungen zu gewährleisten,

wie sie bei den meisten getakteten leistungselektronischen Schaltungen zu finden sind, und um das EMV-Verhalten zu verbessern.

Wie auch bei den HXS-Typen ist die Ausgangsspannung ohne Primärstrom gleich der Referenzspannung (intern oder extern, *)

Verstärkung und Offset sind ab Werk eingestellt.

Bei Nennstrom beträgt die Ausgangsspannung für alle HAIS-Typen den Wert der verwendeten Referenzspannung (*) ± 0,625 V.

Die HAIS-Typen genügen den Normen für eine sichere elektrische Isolation bis zu einer Nennspannung von 600 Volt (Überspannungskategorie III, Verschmutzungsgrad 2)

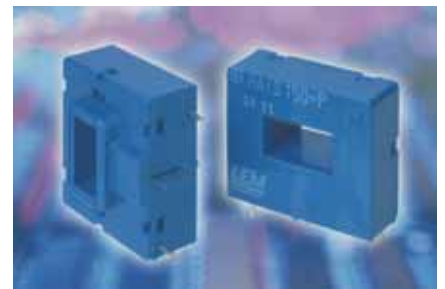


Abb 17. HAIS xx-P-Typen oben und HAIS xx-TP-Typen unten.

Die wichtigsten Eigenschaften der HAIS-Typen

Typ	HAIS 50-P oder -TP	HAIS 100-P oder -TP	HAIS 150-P	HAIS 200-P	HAIS 400-P
Nenndurchflutung (I_{PN})	50 A	100 A	150 A	200 A	400 A
Messbereich	150 A	300 A	450 A	600 A	600 A
Linearitätsfehler	$\pm 0.5 \% I_{PN}$				
Versorgungsspannung	+ 5 V ($\pm 5\%$)				
Ausgangsspannung	$V_{ref} \pm (0.625 V \times I_p / I_{PN})$				
Referenzspannung	+ 2.5 V \pm 25 mV				
Externe Referenzspannung	2 bis 2.8 Volt				
Messfehler	$\pm 1\%$				
Temperaturredrift (U_{aus} / U_{Ref}) @ $I_p=0$	$\pm 0.2 \text{ mV} / \text{K}$				
Temperaturdrift, U_{Ref}	$\pm 0.01 \% / \text{K}$				
Temperaturdrift, U_{aus} @ $I_p=0$	$\pm 0.3 \text{ mV} / \text{K}$				
Temperaturdrift, Verstärkung	$\pm 0.05 \% \text{ des Messwertes} / \text{K}$				
Antwortzeit bis 90 % I_{PN}	5 μs				
Betriebstemperaturbereich	-40°C bis + 85°C				

* (+ einer bestimmten Toleranz)

Grosse Bandbreite

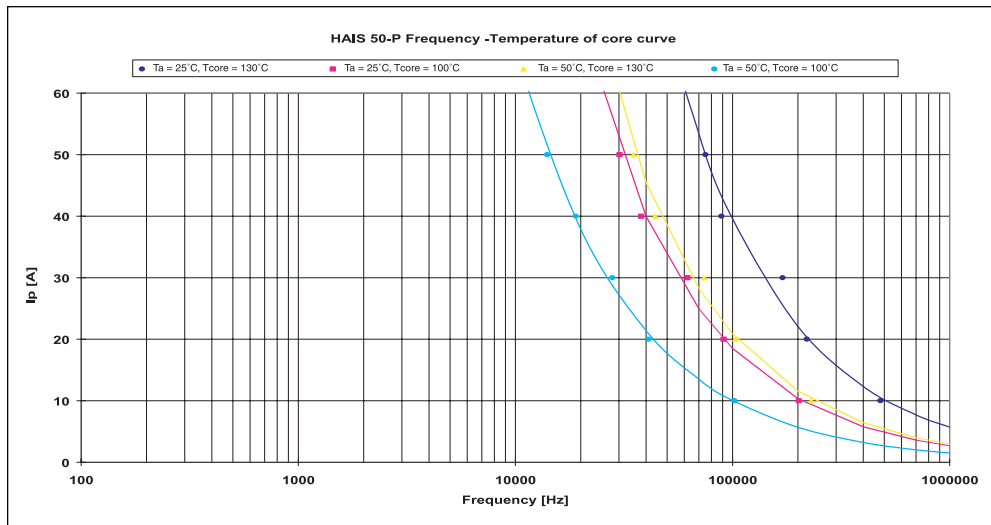


Abb 18. Derating-Kurven bei höheren Frequenzen für die HAIS-Typen.

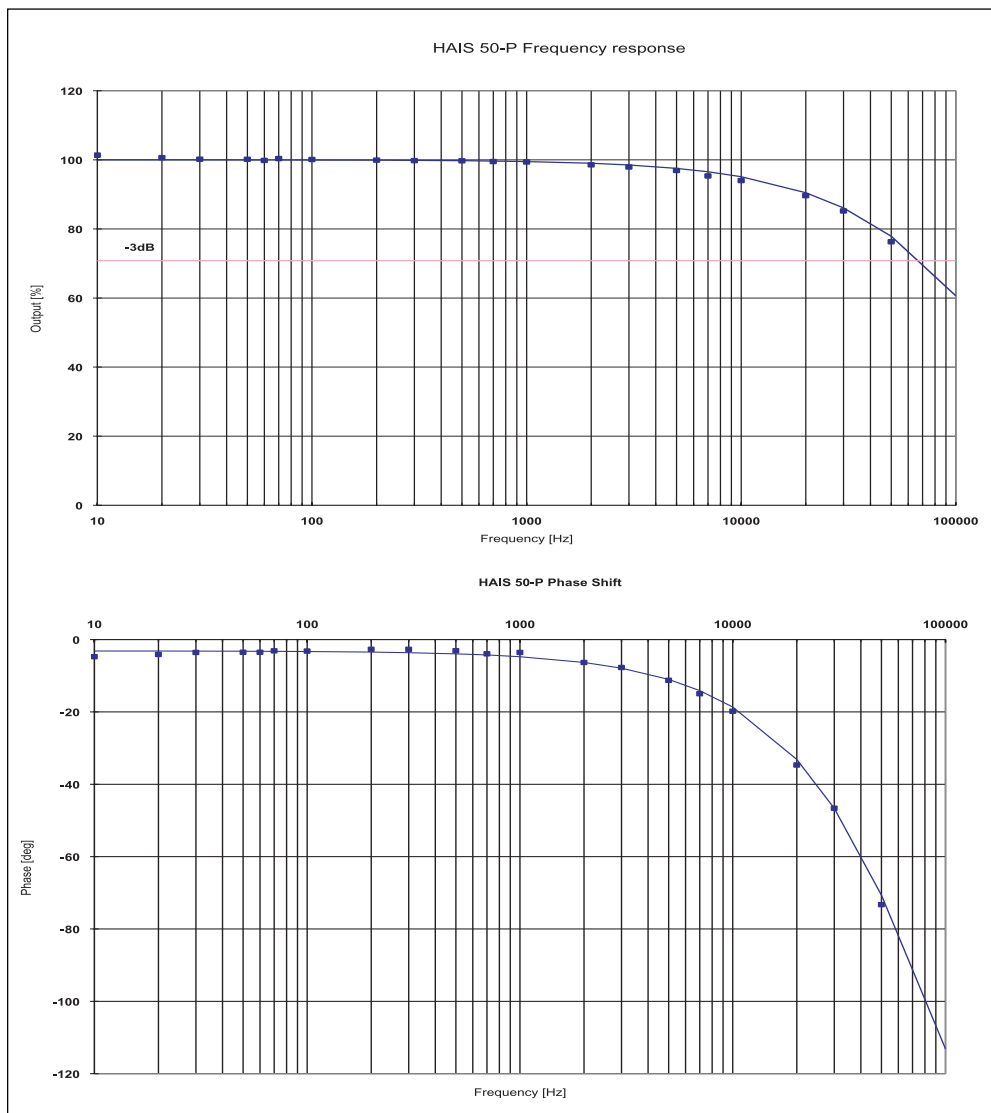


Abb 19. Amplituden- und Phasengang des HAIS 50-P.

HTFS 200 - 400 - 800-P

3 Typen für Nennströme von 200, 400 und 800 A, für Leiterplattenmontage und mit einer Öffnung für den Primärleiter von 22 mm. Die Außenabmessungen aller drei Typen sind gleich. Wie bei den HXS- und HAI-S-Typen liegt ohne Primärstrom am Ausgang die (interne oder externe) Referenzspannung (*) an.

Bei Nennstrom beträgt die Ausgangsspannung für alle HTFS-Typen den Wert der verwendeten Referenzspannung (*) $\pm 1,25$ Volt.

Bei fester Verstärkung ist die Anfangsoffsetspannung ratiometrisch und beträgt die Hälfte der Betriebsspannung V_{CC} (*), wie es z.B. bei der Anwendung bei Gabelstaplern gefordert wird.

Gabelstaplernanwendung

Dieser Typ ist speziell für den Einsatz bei Gabelstaplern gedacht. In der typischen Anwendungsschaltung messen zwei dieser Stromsensoren die Ströme zweier von drei Phasen eines Drehstrommotors, der die Hub- oder die Fahrpumpe antreibt.

Die von den Sensoren ausgegebenen Signale werden von intelligenten Steuerkarten, die A/D-Umsetzer, Mikroprozessoren usw. beinhalten, verarbeitet und ausgewertet, wobei die Geschwindigkeitsinformation in Echtzeit ermittelt wird. Auch der Drehzahl Sollwert (der typischerweise von einer elektrischen Fahrhebel kommt) und die Istzahl von einem Lager mit Geber werden bei der Berechnung des pulsbreitenmodulierten Signals verarbeitet, mit dem die Leistungsendstufe angesteuert wird, welche den Drehstrommotor speist.

Als Stellgröße für die Drehzahl dient der drehmomentbildende Stromanteil im Drehstrommotor. Die gesamte Bordelektronik wird von der Batterie gespeist (Abb. 20). Die ausgewählten Stromsensoren müssen einfach in ein Mikroprozessorsystem integriert werden können (Versorgungsspannung, Ausgangsspannung, Referenzspannungen – ohne zusätzlich Komponenten zu benötigen). Die HTFS-Baureihe entspricht allen diesen Vorgaben völlig.

Die mechanische Konstruktion der Stromsensoren ist extrem robust ausgeführt, sie können entweder über Schrauben (Standard-Typen) oder mit Lötpins (SP2-Typen) an der Leiterplatte befestigt werden. Die Anpassung an batteriebetriebene Fahrzeuge wie Gabelstapler oder dieselektische Bagger ist bemerkenswert.

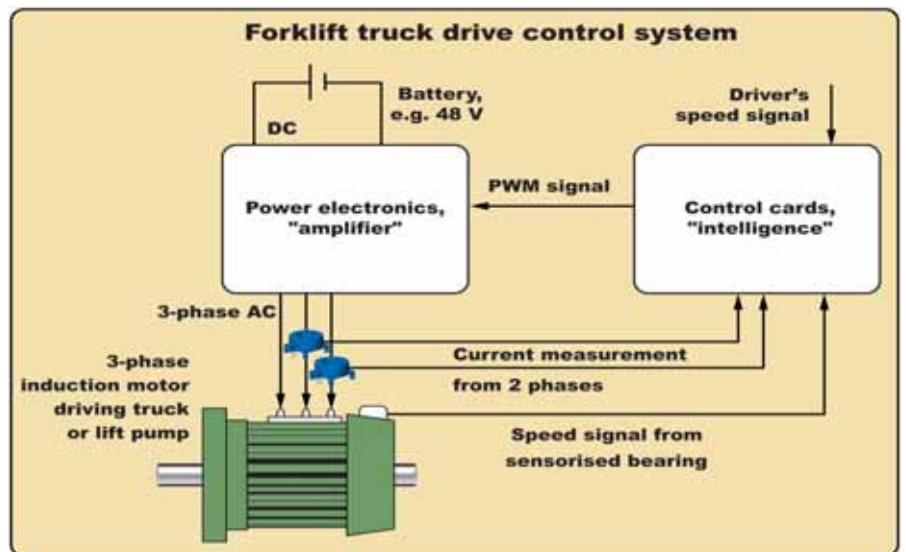


Abb 20. Steuerung eines Gabelstaplerfahrantriebs mit HTFS-Stromsensoren.

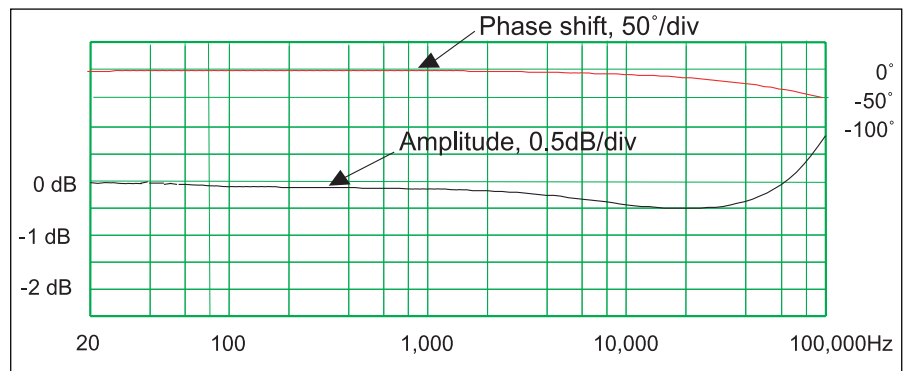


Abb 21. Amplituden- und Phasengang des HTFS 400-P.

Die wichtigsten Eigenschaften der HTFS-Serie

Typ	HTFS 200-P	HTFS 400-P	HTFS 800-P
Nenndurchflutung (I_{PN})	200 A	400 A	800 A
Messbereich	300 A	600 A	1200 A
Linearitätsfehler	$\pm 0.5\% I_{PN}$		
Versorgungsspannung	+ 5 V ($\pm 5\%$)		
Ausgangsspannung	$U_{Ref} \pm (1.25 V \times I_P / I_{PN})$		
Referenzspannung	$U_{Versorgung} / 2 \pm 25 mV$		
Externe Referenzspannung	2 bis 2.8 V		
Messfehler	$\pm 1\% I_{PN}$		
Temp.drift, $U_{aus} @ I_P=0$	$\pm 0.3 mV / K$		
Temp.drift, Offset ($U_{aus} - U_{Ref}$) @ $I_P=0$	$\pm 0.2 mV / K$		
Temp.drift, Verstärkung	$\pm 0.05\%$ des Messwertes / K		
Antwortzeit bis 90 % I_{PN}	5 μs		
Betriebstemperaturbereich	-40°C bis + 105°C		

* (+ einer bestimmten Toleranz)



Abb 22 : HTFS xxx-P-Typen.

Das Herz dieser drei Familien von Stromsensoren bildet der PASS-ASIC, der von LEM konzipiert wurde, um Eigenschaften wie diese zu erhalten:

- konstante Werte von Verstärkung und Anfangsoffset oder
- eine konstante Verstärkung und Anfangsoffset oder
- verschiedene Verstärkungsfaktoren für verschiedene Nennströme und
- eine interne Referenz, die auch extern verfügbar ist oder eine externe Referenz, je nach Wahl Kunden.

Auch die Temperaturabhängigkeit sowie die Drift von Verstärkung und Offset konnten verbessert werden, die Temperaturabhängigkeit des Offset durch einen Parameter, der während der Produktion eingestellt wird.

Durch die Verwendung des ASICs zur Verbesserung der Eigenschaften von direktabbildenden Stromsensoren und das günstige Preisniveau dieser Typen macht direktabbildende Sensoren jetzt viel wünschenswerter als es früher der Fall war. Der ASIC erhöht auch die Zuverlässigkeit des Stromsensors. Traditionell wurde die Elektronik für direktabbildende Stromsensoren diskret aufgebaut, wobei eine große Anzahl von Bauteilen, Verbindungen und Lötstellen zu finden sind. Eine typische Zahl für die möglichen Ausfallsursachen ist beinahe hundert. Wenn man das mit den 10 Möglichkeiten beim ASIC-Transducer vergleicht, ergibt sich eine Verbesserung von über 10 mal. Schon von einem rein mathematischen Gesichtspunkt aus ergibt sich daraus eine viel höhere **MTBF** (mittlere Zeit zwischen Ausfällen). Die automatisierte Kalibrierung macht menschliche Fehler unmöglich! Es sind keine Potentiometer zum Abgleich mehr vorhanden, was noch eine mögliche Fehlerquelle im Produktionsprozess ausschaltet. Außerdem erhöht sich dadurch die Widerstandsfähigkeit gegenüber Vibrationen.

Tatsächlich liegt die Ausfallsrate beim Kunden für ein ähnliches Produkt, das vor einigen Jahren eingeführt wurde, unter 60 ppm.

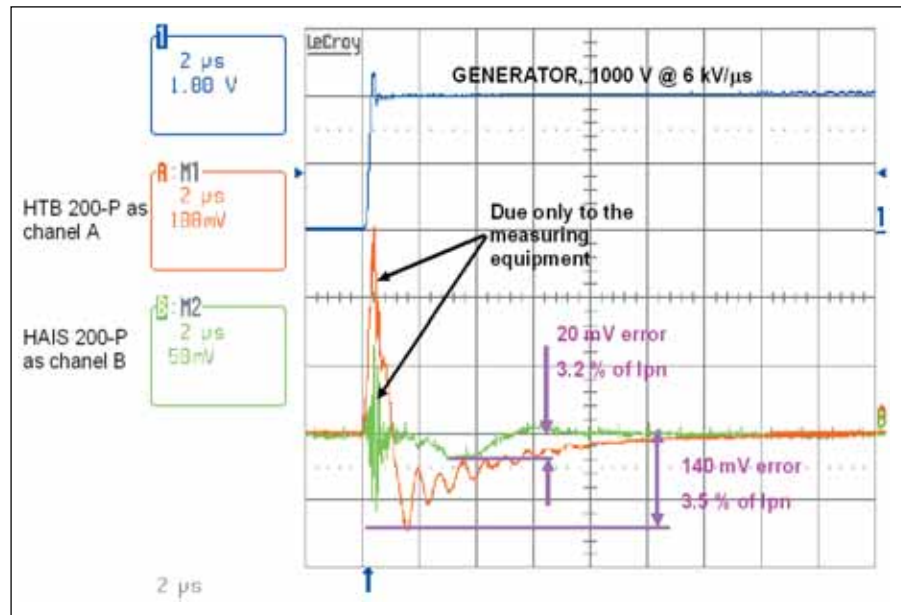


Abb 23. Vergleich eines herkömmlichen direktabbildenden Stromsensors (HTB 200-P) mit einem direktabbildenden ASIC-Stromsensor (HAIS 200-P), Verhalten bei schnellen Gleichtaktspannungsänderungen ($dV/dt = 6 \text{ kV}/\mu\text{s}$, 1000 V Spannungsänderung).

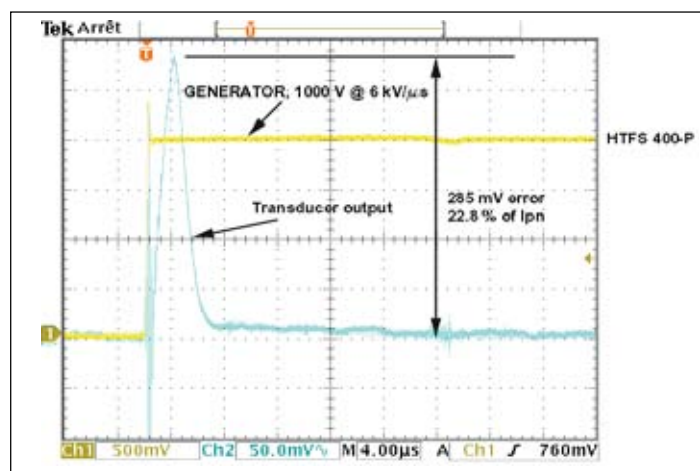
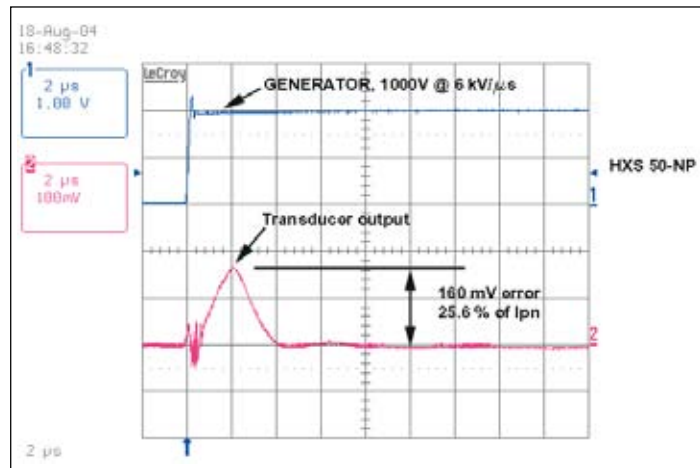


Abb 24. Vergleich von HXS 50-NP mit ein HTFS 400-P, Verhalten bei schnellen Gleichtaktspannungsänderung ($dV/dt = 6 \text{ kV}/\mu\text{s}$, 1000 V Spannungsänderung).

Verhalten bei schnellen Gleichtaktspannungsänderungen (du/dt) und Anwendungshinweise

Der PASS-ASIC wurde für hohe EMV-Anforderungen, eine gute Unterdrückung von schnellen Gleichtaktspannungsänderungen (Abb. 23) sowie eine gestörte Umgebung konzipiert.

Gleichtaktstörungen (dv/dt) treten fast immer bei Anwendungen auf, bei denen schnell schaltende Bauteile wie IGBTs eingesetzt werden. Umrichter sind dafür perfekte Beispiele, da sie mit hohen Schaltfrequenzen (wegen des höheren Wirkungsgrades bis über 20 kHz) arbeiten.

Allerdings fließt infolge der Spannungsänderungen ein kapazitiver Strom vom Primärleiter zur Elektronik des Stromsensors. Transducer mit allen ihren elektronischen Bauteilen werden durch dieses Phänomen beeinflusst. Das (abgeschwächte) Gleichtaktsignal wird dem Ausgangssignal überlagert und führt dadurch zu einer gewissen Messabweichung. Je nach der Größe dieser Abweichung könnte das zu einem Ansprechen einer Überstromschutzeinrichtung führen, was das Abschalten des Umrichters zur Folge hat. Diese Verschiebung des Ausgangssignals oder dieser Fehler während der schnellen

Gleichtaktspannungsänderung muss dann als Einflussgröße etwa bei der Auslegung des Umrichters berücksichtigt werden (Abb. 24).

Ein Filter zur Unterdrückung hochfrequenter Signale kann vom Anwender zur Störungsunterdrückung vorgesehen werden. Die Werte für die Filterelemente R1 u. C1 müssen vom Anwender entsprechend der benötigten Bandbreite gewählt werden.


Für eine optimale Funktion des Stromsensors wird für R1 ein minimaler Widerstandswert von 100 Ohm und für C1 eine maximale Kapazität von 1 uF empfohlen (Abb. 25, in roter Farbe).

Das beste Betriebsverhalten wird bei Berücksichtigung einiger Anwendungshinweise garantiert (Abb. 25).

Der Sensor sollte auf der Leiterplatte über möglichst kurze Leitungen mit einigen keramischen Kondensatoren verbunden sein. Diese Kondensatoren tragen deutlich zur Verbesserung des EMV-Verhaltens bei. Abb. 25 zeigt die Leitungsführung mit Werten, die bei praktischen Messungen gefunden wurden. Allerdings können sich in Abhängigkeit von der Konstruktion auch Unterschiede ergeben. Die Kondensatoren für Versorgungs- und Referenzspannung sollten den gleichen Wert aufweisen.

Standards

Alle erwähnten Sensoren genügen der EN 50178 (Norm für industrielle Anwendungen) und der EN 61010-1 (Sicherheit). Sie sind – konform zur europäischen Direktive 89/336/EEC – CE-gekennzeichnet und erfüllen daher lokale EMV-Vorschriften.

Die „UL Recognition“  wird für alle Typen angestrebt. Die Sensoren erfüllen auch die RoHS-Richtlinie der EU, die im Juli 2006 in Kraft treten wird.

Zusammenfassung

Alles in allem stellt diese neue Generation von LEM-Stromsensoren eine ideale Lösung für die neuen Anforderungen der Leistungselektronik dar, mehr Synergie zwischen allen in einem System eingesetzten Bauelemente zu erreichen. Sie bringen die nötigen Schnittstellen zwischen Stromerfassung und der Signalverarbeitungseinheit mit, was zu einer Vereinfachung der ganzen Kette mit weniger zwischengeschalteten Umsetzungen führt.

Aufbauend auf die 30-jährige Erfahrung in der Welt der Messung elektrischer Größen widmet LEM sich der Entwicklung und Anpassung neuer Technologien an die permanent im Wechsel befindlichen Anforderungen der entsprechenden Märkte – LEM ist tatsächlich „Made to Measure“.

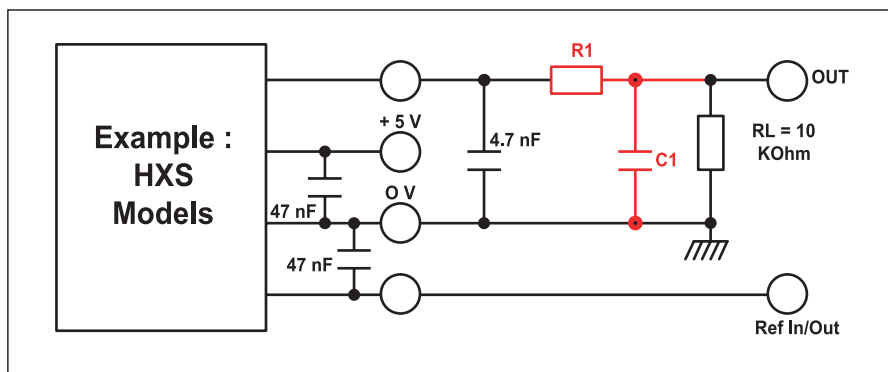


Abb 25. Anwendungshinweise für HTFS, HAIS und HXS.

Stromwandler



HXS 10-NP/SP3
HXS 20..50-NP
HAIS 50..400-P
HAIS 50..100-TP
HTFS 200..800-P

$I_{PN} = 10 \text{ A}$
 $I_{PN} = 5-10-12.5-20-25-50 \text{ A}$
 $I_{PN} = 50..400 \text{ A}$
 $I_{PN} = 50..100 \text{ A}$
 $I_{PN} = 200-400-800 \text{ A}$

Für die elektronische Strommessung : DC, AC, Impuls, gemischt, mit galvanischer Trennung zwischen dem Primärkreis (Starkstromkreis) und dem Sekundärkreis (elektronischer Kreis).

Alle Daten mit $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ gegeben

Elektrische Daten

Primärnennstrom effektiv $I_{PN} \text{ (A)}$	Primärstrom, Messbereich $I_P \text{ (A)}$	Type
20	± 60	HXS 20-NP
20	± 60	HXS 20-NP/SP30 (Spezielles Kernmaterial um eine Überhitzung bei hoher Frequenz zu vermeiden)
50	± 150	HXS 50-NP
50	± 150	HAIS 50-P, HAIS 50-TP ¹⁾
100	± 300	HAIS 100-P, HAIS 100-TP ¹⁾
150	± 450	HAIS 150-P
200	± 600	HAIS 200-P
400	± 600	HAIS 400-P
200	± 300	HTFS 200-P
400	± 600	HTFS 400-P
800	± 1200	HTFS 800-P

In Serie Parallel In Serie Parallel
 $\pm 10 \quad \pm 20 \quad \pm 30 \quad \pm 60$ (Zweiphasig) **HXS 10-NP/SP3**



		HAIS Serien	HXS Serien	HTFS Serien	
V_{OUT}	Ausgangsspannung @ I_P	$V_{REF} \pm (0.625 \cdot I_P / I_{PN})$	$V_{REF} \pm (0.625 \cdot I_P / I_{PN})$	$V_{REF} \pm (1.25 \cdot I_P / I_{PN})$	V
	$I_P = 0$	$V_{REF} \pm 0.025$	$V_{REF} \pm 0.0125$	$V_{REF} \pm 0.025$	V
V_{REF}	Spannungsreferenz ²⁾ -Rauschspannung	2.5 ± 0.025	2.5 ± 0.025	$1/2 V_c \pm 0.025$	V
	V_{REF} Ausgangsimpedanz	typ. 200	typ. 200	typ. 200	Ω
	V_{REF} Eingangsimpedanz	≥ 200	≥ 200	≥ 200	$k\Omega$
R_L	Eingangsimpedanz des Messkreises	≥ 2	≥ 2	≥ 2	$k\Omega$
R_{OUT}	Ausgangsimpedanz	< 10	< 10	< 10	Ω
C_L	Kapazitive Ausgangsbelastung	bis 1	bis 1	bis 1	μF
V_c	Versorgungsspannung ($\pm 5 \%$)	5	5	5	V
I_c	Stromaufnahme @ $V_c = 5 \text{ V}$	22	22	22	mA

Genauigkeit - Dynamisches Verhalten		HAIS Serien	HXS Serien	HTFS Serien
X	Globale Genauigkeit ³⁾ @ $I_{PN}, T_A = 25^\circ C$	$\leq \pm 1$	$\leq \pm 1$	$\leq \pm 1$ % von I_{PN}
ϵ_L	Linearitätsfehler $0 \dots I_{PN}$	---	$\leq \pm 0.5$	$\leq \pm 0.5$ % von I_{PN}
	$\dots 3 \times I_{PN}$	$\leq \pm 0.5$	$\leq \pm 1$	---
TCV_{OUT}	Temperaturdrift von V_{OUT} @ $I_P = 0$	$\leq \pm 0.3$	$\leq \pm 0.4$	$\leq \pm 0.3$ mV/K
TCV_{REF}	Temperaturdrift von V_{REF}	$\leq \pm 0.01$	$\leq \pm 0.01$	$\leq \pm 0.01$ %/K
TCV_{OUT/V_{REF}}	Temperaturdrift von V_{OUT}/V_{REF} @ $I_P = 0$	$\leq \pm 0.2$	$\leq \pm 0.2$	$\leq \pm 0.2$ mV/K
TCE_G	Temperaturdrift der Verstärkung	$\leq \pm 0.05$	$\leq \pm 0.05$ ⁵⁾	$\leq \pm 0.05\%$ vom IST-Wert/K
V_{OM}	Reststrom @ $I_P = 0$, als Folge eines Primärstroms von $3 \times I_{PN}$	$< \pm 0.4$	$< \pm 0.7$ ⁶⁾	$< \pm 0.5$ % von I_{PN}
t_{ra}	Reaktionszeit @ 10 % of I_{PN}	< 3	< 3	< 3 μs
t_r	Ansprechzeit @ 90 % of I_{PN}	< 5	< 5	< 5 μs
di/dt	di/dt bei optimaler Kopplung	> 100	> 50	> 100 A/ μs
	Ausgangsrauschen ohne externen Filter (500 kHz)	< 20	< 20	< 20 mVpp
f	Frequenzbereich (- 3 dB) ⁴⁾	DC .. 50	DC .. 50	DC .. 20 kHz

Anmerkungen : ¹⁾ Die TP Version ist mit einer primären Stromschiene ausgestattet.

²⁾ Es ist möglich V_{REF} mit einer externen Referenz zu übersteuern. Spannung kann zwischen 2-2.8 V betragen. Die Spannungsquelle sollte mindestens 2.5 mA liefern bzw. aufnehmen können.

³⁾ Ohne Offset- und Hystereseverluste.

⁴⁾ Nur Kleinsignale um eine Überhitzung des Magnetkernes zu vermeiden.

⁵⁾ $\leq \pm 0.07 \%$ vom IST-Wert/K für HXS 20-NP/SP30.

⁶⁾ $< \pm 1 \%$ für HXS 50-NP & $< \pm 1.2 \%$ für HXS 20-NP/SP30.

Allgemeine Daten		HAIS Serien	HXS Serien	HTFS Serien
T_A	Umgebungstemperatur	- 40 .. + 85	- 40 .. + 85	- 40 .. + 105 °C
T_S	Lagertemperatur	- 40 .. + 85	- 40 .. + 85	- 40 .. + 105 °C
dCp	Kriechstrecke	> 8	> 5.5	> 4 mm
dCl	Luftstrecke	> 8	> 5.5	> 4 mm
CTI	Vergleichszahl der Kriechwegsbildung Klassierung UL94	> 600 (Klasse I) V0	> 600 (Klasse I) V0	> 220 (Klasse IIIa) V V0
m	Masse (in Klammern : TP Version) Normen	20 (30) EN 50178 : 1997	10 EN 50178 : 1997	60 EN 50178 : 1997

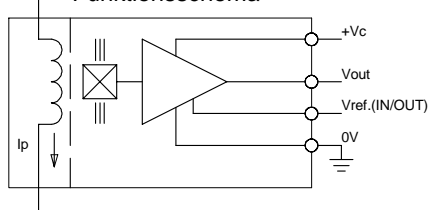
Isolationseigenschaften		HAIS Serien	HXS Serien	HTFS Serien
V_b	Nennspannungen mit IEC 61010-1 Normen und folgenden Bedingungen - Einfache Isolierung - Überspannungskategorie III - Verschmutzungsgrad 2 - Heteroges Feld	300	150	150 V r.m.s.
V_b	Nennspannungen mit EN 50178 Normen und folgenden Bedingungen - Verstärkte Isolierung - Überspannungskategorie III - Verschmutzungsgrad 2 - Heteroges Feld	600	300	150 V r.m.s.
V_d	Prüfspannung, effektiv, 50/60 Hz, 1 mn	2.5	2.5 ⁷⁾	2.5 kV
V_e	Glimmaussetzspannung, effektiv @ 10 pC HAIS 50 ...400-P HAIS 50 ...100-TP	> 1 > 1.4	> 1	> 1 kV kV kV
\hat{V}_w	Stehstoßspannung 1.2/50 μ s Falls ein isoliertes Kabel für den Primärkreis verwendet wird, kann die Spannungs-kategorie gemäß folgender Tabelle geändert werden :	8	6	4 kV
	Kabelisolierung (primär)	Kategorie		Kategorie
	HAR 03	450V CAT III	---	300V CAT III
	HAR 05	550V CAT III	---	400V CAT III
	HAR 07	650V CAT III	---	500V CAT III

Anmerkung : ⁷⁾ Für HXS 10-NP/SP3: Primär nach Sekundär - 2.5 kV, Primär 1 nach Primär 2 - 2.5 KV.

Eigenschaften

- Hall Effekt Messungsprinzip
- Galvanische Isolierung zwischen Primär- und Sekundärkreis
- Isolations- Prüfspannung 2500 V
- Geringer Stromverbrauch
- Unipolare Versorgung + 5 V
- Mehrbereichs Stromwandler durch PCB-Schaltungsvarianten (HXS Serien)
- Extrem niedriges Bauhöhe, 10 mm (HXS Serie)
- Feste Offset und Zunahme (HAIS & HXS Modelle)
- Feste Zunahme, ratiometrisches Offset (HTFS Modelle)
- Version mit Stromschiene verfügbar für 50 A und 100 A Nennbetrieb (HAIS)
- $T_A = - 40 .. + 105^\circ\text{C}$ (HTFS Modelle).

Funktionsschema



Vorteile

- Kleine Abmessung dadurch Platzgewinn
- Hohe Immunität gegenüber externen Störungen
- V_{REF} IN/OUT (interne und externe Referenz).

Anwendungen

- AC Drehstromsteller und Servomotor Antriebe
- Statische Umformer für DC Motor Antriebe
- Mit Batterie versorgte Anwendungen
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)
- Schaltnetzteil (SNT)
- Stromversorgung für Schweißgeräte
- Gabelstapler Antriebe
- Golfwagen
- Rollstühle
- Solarzellen Stromrichter.

LEM behält sich das Recht vor, Änderungen im Sinne einer Verbesserung vorzunehmen, ohne Sie zu informieren.

Sicherheit



Achtung, Gefahr Risiko



Achtung,
Risiko von elektrischen Schock

"Diese Stromwandler müssen gemäß den folgenden Gebrauchsanleitungen des Herstellers verwendet werden.

Die Temperatur des Primärleiters darf 100°C nicht übersteigen (HAIS & HXS Modelle). Die Stromversorgung muss über Fehlerstromschutzschaltung verfügen.

Dieser Stromwandler müssen in elektrischen/elektronischen Geräten verwendet werden, die die zutreffenden Normen und Sicherheitsanforderungen erfüllen.

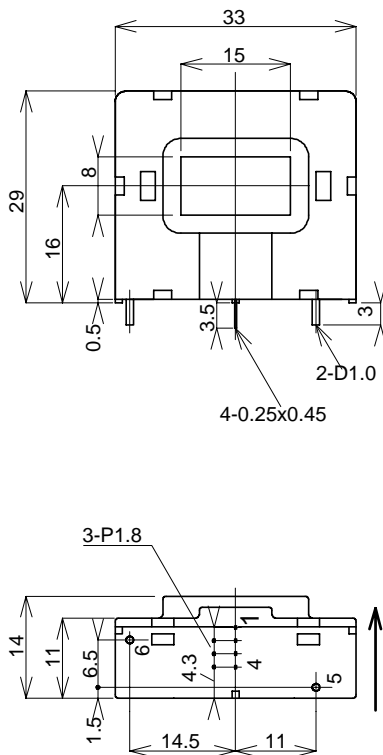
Beim Betrieb des Stromwandlers können gewisse Teile des Moduls eine gefährliche Spannung aufweisen.

Die Nichtbeachtung dieser Warnung kann zu Verletzung und/oder schweren Schäden führen.

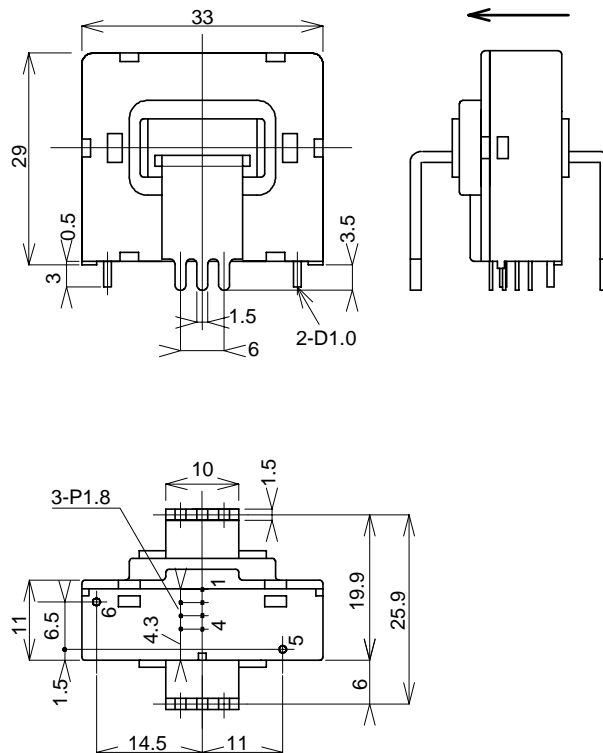
Dieser Stromwandler ist ein Einbaugerät, dessen leitende Teile nach Einbau unzugänglich sein müssen.

Ein Schutzgehäuse oder zusätzliches Schild muss verwendet werden."

HAIS 50..400-P



HAIS 50..100-TP



Anschlüsse Pin Identifizierung

- 1...+5V
- 2...0V
- 3... Ausgang
- 4...Vref. (IN/OUT)
- 5... Kernerdung (*)
- 6...NC.

Empfohlener Bohrungsdurchmesser

- Pin 1-4 : $0.7 \pm 0.1\text{mm}$
- Pin 5-6 : $1.5 \pm 0.1\text{mm}$
- Primärschiene : $2.3 \pm 0.1\text{mm}$

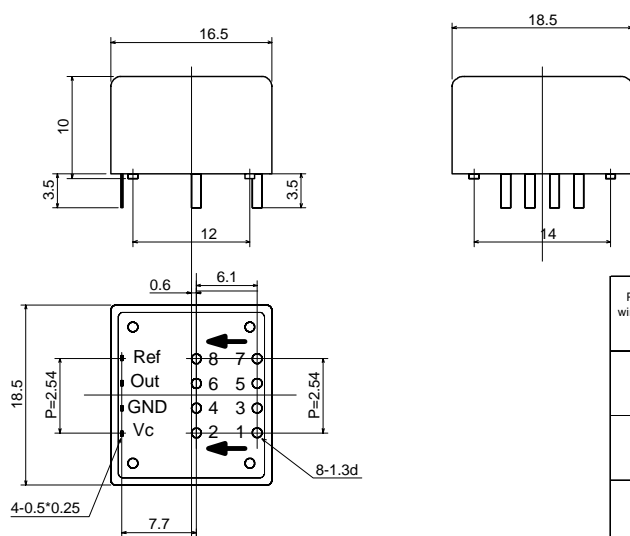
Allgemeine Toleranz : $\pm 0.2\text{mm}$

Einheit : mm

(*) sollte mit dem 0V der Versorgung verbunden werden, zwecks besserer dv/dt Immunität.

V_{OUT} ist positiv, wenn I_p in Richtung des aufgedruckten Pfeiles fließt.

HXS 20 & 50-NP, HXS 20-NP/SP30 Abmessungen (in mm)



Primärwindungszahl	Primärstrom		Primärwiderstand R_p (m ohm)	Primäre Induktivität L_p (µF)	Empfohlene PCB Anschlüsse	Modell
	Nominal I_{PN} (A)	Maximal I_p (A)				
1	20	60	0.05	0.025	IN 1 3 5 7 ○ ○ ○ ○ 2 4 6 8 OUT	HXS 20-NP & HXS 20-NP/SP30
	50	150				HXS 50-NP
2	10	30	0.20	0.100	IN 1 3 5 7 ○ ○ ○ ○ 2 4 6 8 OUT	HXS 20-NP & HXS 20-NP/SP30
	25	75				HXS 50-NP
4	5	15	1.00	0.400	IN 1 3 5 7 ○ ○ ○ ○ 2 4 6 8 OUT	HXS 20-NP & HXS 20-NP/SP30
	12.5	37.5				HXS 50-NP

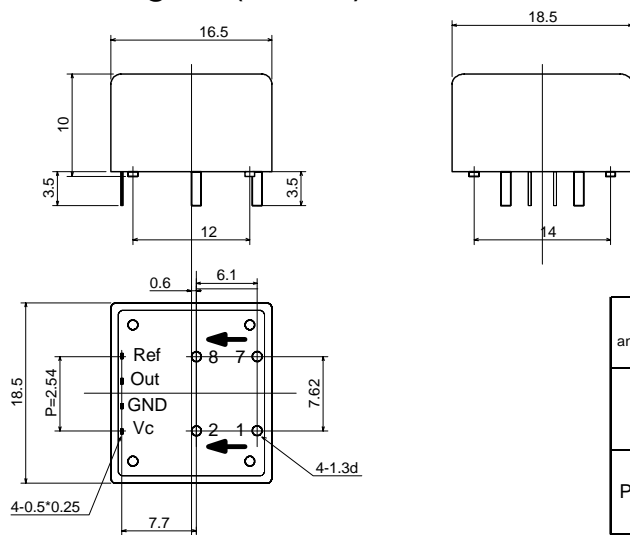
Mechanische Eigenschaften

- Allgemeine Toleranz ± 0.2 mm
- Befestigung und Anschlüsse der Primärbügels 8 pins $\varnothing 1.3$ mm
Empfohlener Bohrungsdurchmesser $\varnothing 1.5$ mm
- Befestigung und Sekundäranschlüsse 4 pins 0.5×0.25
Empfohlener Bohrungsdurchmesser $\varnothing 0.7$ mm

Bemerkungen

- V_{OUT} ist positiv, wenn I_p von den Anschlüssen 1, 3, 5, 7 (+) zu den Anschlüssen 2, 4, 6, 8 (-) fließt.
- Die Temperatur des Primärleiters darf 100°C nicht übersteigen.

HXS 10-NP/SP3 (Doppelphasig Messung mit 2 verschiedenen Primärwicklungen) Abmessungen (in mm)



Primäranschlüsse	Primärstrom		Primärwiderstand R_p (m ohm)	Primäre Induktivität L_p (µF)	Empfohlene PCB Anschlüsse
	Nominal I_{PN} (A)	Maximal I_p (A)			
Serie	10	30	0.50	0.025	IN 1 7 ○ ○ 2 8 OUT
Parallele	20	60	0.15	0.010	IN 1 7 ○ ○ 2 8 OUT

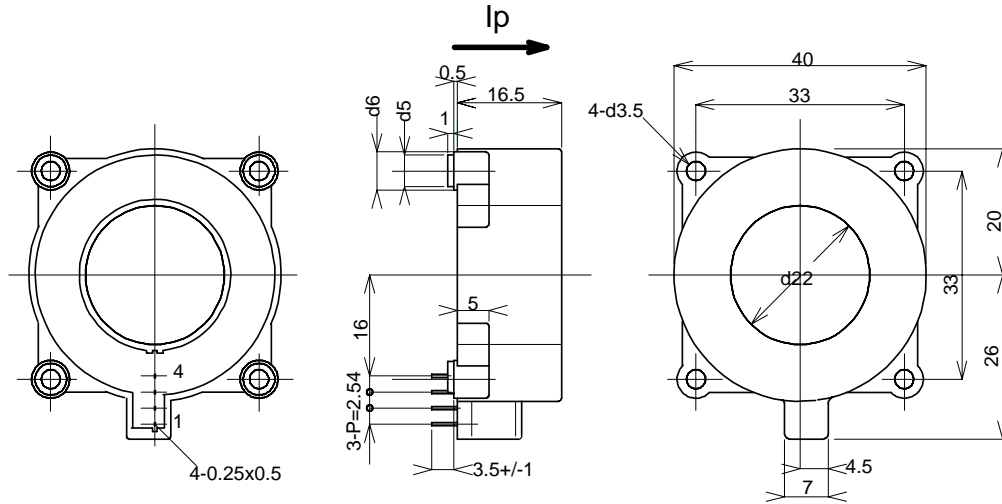
Mechanische Eigenschaften

- Allgemeine Toleranz ± 0.2 mm
- Befestigung und Anschlüsse der Primärbügels 4 pins $\varnothing 1.3$ mm
Empfohlener Bohrungsdurchmesser $\varnothing 1.5$ mm
- Befestigung und Sekundäranschlüsse 4 pins 0.5×0.25
Empfohlener Bohrungsdurchmesser $\varnothing 0.7$ mm

Bemerkungen

- V_{OUT} ist positiv, wenn I_p von den Anschlüssen 1, 7 (+) zu den Anschlüssen 2, 8 (-) fließt.
- Die Temperatur des Primärleiters darf 100°C nicht übersteigen.

HTFS 200..800-P (Befestigung mit M3 Muttern und Schrauben) Abmessungen (in mm)



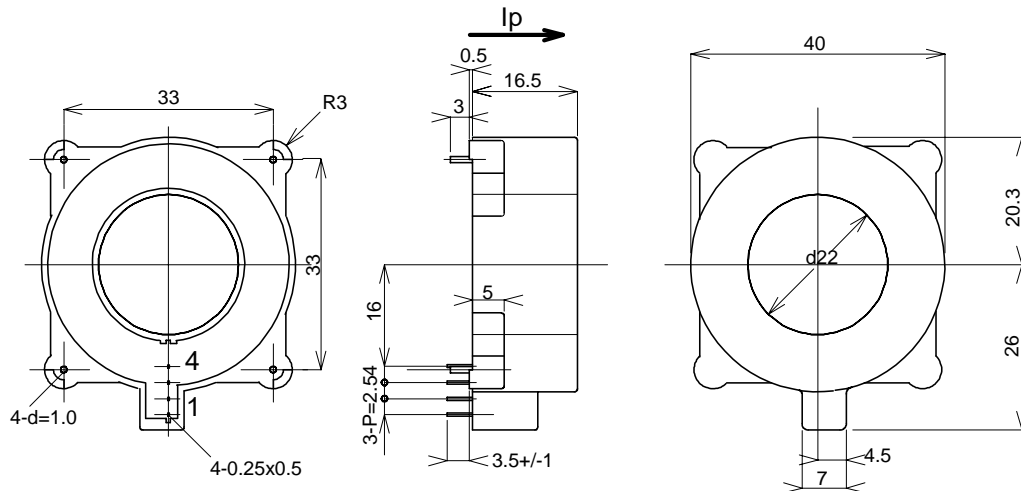
Mechanische Eigenschaften (HTFS 200 .. 800-P)

- Allgemeine Toleranz $\pm 0.2 \text{ mm}$
- Befestigung 4 x M3 (nicht im Lieferumfang enthalten)
- Empfohlenes Drehmoment $< 2.5 \text{ Nm}$
- Befestigung und Sekundäranschlüsse 4 pins 0.5×0.25
Empfohlener Bohrungsdurchmesser $\varnothing 0.7 \text{ mm}$

Bemerkungen

- V_{OUT} ist positiv, wenn I_p in Richtung des aufgedruckten Pfeiles fließt.
- Die Temperatur des Primärleiters darf 120°C nicht übersteigen.

HTFS 200..800-P/SP2 (Pinplatte) Abmessungen (in mm)



Anschlussbeispiel Klemmen

- 1 .. +5 V
- 2 .. 0 V
- 3 .. Ausgang
- 4 .. V_{REF} (IN/OUT)

Mechanische Eigenschaften (HTFS 200 .. 800-P/SP2)

- Allgemeine Toleranz $\pm 0.2 \text{ mm}$
- Befestigung 4 pins $\times \varnothing 1.0$
- Empfohlener Bohrungsdurchmesser $\varnothing 1.2 \text{ mm}$
- Befestigung und Sekundäranschlüsse 4 pins 0.5×0.25
Empfohlener Bohrungsdurchmesser $\varnothing 0.7 \text{ mm}$

Bemerkungen

- V_{OUT} ist positiv, wenn I_p in Richtung des aufgedruckten Pfeiles fließt.
- Die Temperatur des Primärleiters darf 120°C nicht übersteigen.



Fünf Jahre Garantie für LEM Strom- und Spannungswandler

LEM entwickelt und fertigt Produkte mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit für seine Kunden in der ganzen Welt.

Seit 1972 haben wir mehrere Millionen Strom- und Spannungswandler geliefert. Sie werden überwiegend in Antriebssystemen (AC, DC, Servo), USV-Anlagen, Schweißgeräten und vielen anderen Anwendungen eingesetzt und erfüllen hohe Ansprüche.

Unsere 5-Jahres-Garantie erstreckt sich auf alle LEM-Wandler, die ab 1. Januar 1996 geliefert werden und gilt neben der gesetzlichen Gewährleistung. Sie gilt unter folgenden Bedingungen: Die Garantie gilt für alle Datenblatt-Werte und erstreckt sich über eine Dauer von 5 Jahren (60 Monaten) ab Lieferdatum.

Während dieses Zeitraums reparieren oder ersetzen wir auf unsere Kosten eventuelle fehlerhafte Teile im Werk, soweit diese aus fehlerhaftem Material oder falscher Bearbeitung stammen sollten.

Weitere Ansprüche, auch Ansprüche auf Ersatz von Schäden, die nicht am Liefergegenstand selbst entstehen, werden von dieser Garantiehaftung nicht erfasst.

Alle Reklamationen müssen uns sofort gemeldet werden.

Das fehlerhafte Produkt ist zusammen mit der Fehlerbeschreibung an die für Sie zuständige LEM Vertriebsgesellschaft zurückzuschicken.

Ersatz oder Reparatur wird nach unserer technischen Begutachtung ausgeführt.

Der Kunde trägt dabei die Transportkosten.

Eine Verlängerung der Garantiezeit nach der Reparatur kann nicht gewährt werden.

Es gilt das erste Auslieferungs-Datum.

Die Garantie gilt nicht, wenn der Kunde ohne schriftliche Zusage von LEM Änderungen oder Reparaturen am Produkt (Material) vorgenommen hat oder dieselben durch Drittpersonen hat vornehmen lassen.

Die Garantie gilt nicht bei falschen Einsatzbedingungen und höherer Gewalt.

Das gleiche gilt bei Nichteinhaltung vereinbarter Zahlungsbedingungen. Produkthaftung besteht nur im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen.

Weitere Ansprüche, die über oben genannte Bedingungen hinausgehen, sind von der Garantie ausdrücklich ausgeschlossen.

LEM, Genf 1. Januar 2001
Unternehmensbereich Komponenten

A handwritten signature in black ink, appearing to read "P. Van Iseghem".

Paul Van Iseghem
Präsident der LEM Components

Internationale LEM Verkaufs-Niederlassungen

Europa • Naher Osten

Austria
LEM Components
Am Concorde Park 2
A-2320 Schwechat
Tel. +43 1 903 60 10 40
Fax +43 1 903 60 10 42
e-mail: jsc@lem.com

Belarus and Baltic Republics
DACPOL Co. Ltd.
Ul. Pulawska 34
PL-05-500 Piaseczno K.
Warszawy
Tel. +48 22 7500868
Fax +48 22 7035101
e-mail: dacpol@dacpol.com.pl

BeNeLux
LEM Belgium sprl-bvba
Route de Petit-Roelux, 95
B-7090 Braine-le-Comte
Tel. : +32 67 55 01 14
Fax : +32 67 55 01 15
e-mail : lbe@lem.com

Croatia
Proteus Electric
Via di Noghère 94/1
I-34147 Muggia-Aquilinia
Tel. +39 040 23 21 88
Fax +39 040 23 24 40
e-mail:
dino.fabiani@proteuselectric.it

Czech Republic
PE & ED Spol. S.R.O.
Koblovská 101/23
CZ-71100 Ostrava-Koblov
Tel. +420 59 6239256
Fax +420 59 6239531
e-mail: peedova@peed.cz

Denmark
Motron A/S
Torsøvej 4
DK-8240 Risskov
Tel. +45 87 36 86 00
Fax +45 87 36 86 01
e-mail: motron@motron.dk

Finland
Etra-Dielectric Oy
Lampputie 2
SF-00741 Helsinki
Tel. +358 207 65 160
Tel. +358 207 65 23 11
e-mail: markku.soitilla@etra.fi

France
LEM France Sarl
La Ferme de Courtaboeuf
19 avenue des Indes
F-91969 Courtaboeuf Cedex
Tel. +33 1 69 18 17 50
Fax +33 1 69 28 24 29
e-mail: lfr@lem.com

Germany
Central Office:
LEM Deutschland GmbH
Frankfurter Strasse 74
D-64521 Gross-Gerau
Tel. +49 61 52 9301 0
Fax +49 61 52 8 46 61
e-mail: postoffice.ide@lem.com

Hungary
Hauber & Graf Electronics GmbH
Bavaria / Baden Württemberg
Wahlwiesenstr. 3
D-71711 Steinheim
Tel: +49 7144 28 15 03/04
Fax: +49 7144 28 15 05
e-mail: electronics@hauber-graf.de

Hungary
Orszaczky Trading LTD.
Koranyi Sandor U, 28
H-1089 Budapest
Tel. +36 1 314 4225
Fax +36 1 324 8757
e-mail: orszaczky@axelero.hu

Italy
LEM Italia Srl
via V. Bellini, 7
I-35030 Selvazzano Dentro, PD
Tel. +39 049 805 60 60
Fax +39 049 805 60 59
e-mail: lit@lem.com

Israel
Ofier Levin Technological Application
PO Box 18247
IL- Tel Aviv 6111 81
Tel. +972 3 5586279
Fax +972 3 5586282
e-mail: ol_leap@netvision.net.il

Norway
Holst & Fleischer A/S
Stanseveien 6B
N-0975 Oslo
Tel. +47 2333 8500
Fax +47 2333 8501
e-mail: knut@hf-elektro.no

Poland
DACPOL Sp. z o.o.
Ul. Pulawska 34
PL-05-500 Piaseczno K. Warszawy
Tel. +48 22 7500868
Fax +48 22 7035101
e-mail: dacpol@dacpol.com.pl

Portugal
Q Energia, Lda
Praceta Cesário Verde - 10 S/Cave
P-2745-740 Massamá
Tel. +351 214 309320
Fax +351 214 309299
e-mail: qenergia@qenergia.pt

Romania
SYSCOM -18 Srl.
Protopopescu 10, bl. 4. ap 2 Sector 1
R-011728 Bucharest
Tel. +40 21 310 26 78
Fax +40 21 310 26 79
e-mail: georgeb@syscom.ro

South Africa
Denver Technical Products Ltd.
P.O. Box 75810
CAN-Markham ON L3R 0B4
Tel. +1 905 477 9393
Fax +1 905 477 6197
e-mail:
mikep@optimumcomponents.com

Chile
ELECTROCHILE
Freire 979 of. 303-304
Quilpue
Tel. +56 32 92 32 22
Fax +56 32 92 32 22
e-mail: elecchile@entchile.net

Russia
Central Office:
TVELEM
Marshall Budiozny Str. 11
170023 Tver / Russia
Tel. +7 822 44 40 53
Fax +7 822 44 40 53
e-mail: tvelem@lem.com

TVELEM
Leningradski Avenue, d. 80
Korp. 32, 3d floor, room 19.
125190 Moscow
Tel. +7 095 363 07 67
Fax +7 095 363 07 67
e-mail: tvelem@lem.com

TVELEM
V.O., 2 linia, 19, Liter „A“
199053 S. Petersburg
Tel. +7 812 323 83 83
Fax +7 812 323 83 83
e-mail: tvelem@lem.com

Slovenia
Proteus Electric
Via di Noghère 94/1
I-34147 Muggia-Aquilinia
Tel. +39 040 23 21 88
Fax +39 040 23 24 40
e-mail: dino.fabiani@proteuselectric.it

Spain
LEM Components
Apartado 142
E-08500 VIC
Tel. +34 93 886 02 28
Fax +34 93 886 60 87
e-mail: sltu@lem.com

AVANZEL
COMPONENTES, S.L.
Madrid region
Avda. Sancho Rosa 66
E-28708 San Sebastián de los Reyes
Tel. +34 91 6236828
Fax +34 91 6236702
e-mail: ventas@avanzel.com

LEM U.S.A., Inc.
999, Pennsylvania Ave.
USA-Columbus, OH 43201
Tel. +1 614 298 84 34
Fax +1 614 540 74 36
Mobile +1 614 306 73 02
e-mail: afg@lem.com

LEM U.S.A., Inc.
27 Rt 191A
PO Box 1207
USA-Amherst, NH 03031
Tel. +1 603 672 71 57
Fax. +1 603 672 71 59
e-mail: gap@lem.com

Sweden
Beving Elektronik A.B.
Jägerhorns väg 8
S-14105 Huddinge
Tel. +46 8 6801 199
Fax +46 8 6801 188
e-mail:
information@bevingelektronik.se

Switzerland
SIMPEX Electronic AG
Binzackerstrasse 33
CH-8622 Wetzikon
Tel. +41 1 931 10 10
Fax +41 1 931 10 11
e-mail: contact@simpex.ch

LEM SA
8, Chemin des Aulx
CH-1228 Plan-les-Ouates
Tel. +41 22 706 11 11
Fax +41 22 794 94 78
e-mail: lsa@lem.com

Turkey
Özdisan Elektronik Pazarlama
Galata Kulesi Sokak N° 34
TR-80020 Kuledibi / Istanbul
Tel. +90 212 2499806
Fax +90 212 2436946
e-mail: oabdi@ozdisan.com

Ukraine
"SP DAKPOL" OOO
Maksima Berlinskogo str. 4
UA-04060, KIEV, UKRAINE
Tel. +380 44 501 93 44
Fax +380 44 456 68 58
e-mail: kiev@dacpol.com

United Kingdom and Eire
LEM UK Ltd
West Lancs Investment Centre
Whitemoss Business Park
Skelmersdale, Lancs WN89TG
Tel. +44 1 695 71 25 60
Fax +44 1 695 71 25 61
e-mail: luk@lem.com

Afrika • Amerika

Brazil
AMDS4 Imp. Exp. e Com. de
Equip. Electr. Ltda.
Rua Doutor Uliêna Cintra, 489,
Centro 13800-061 - Moji
Mirim - Sao Paulo - Brazil
Tel. +55 19 3806 1950 / 8509
Fax +55 19 3806 8422
e-mail: jeduardo@amds4.
speedycorp.com.br

Canada
Optimum Components Inc.
7750 Birchmount Road Unit 5
CAN-Markham ON L3R 0B4
Tel. +1 905 477 9393
Fax +1 905 477 6197
e-mail:
mikep@optimumcomponents.com

Chile
ELECTROCHILE
Freire 979 of. 303-304
Quilpue
Tel. +56 32 92 32 22
Fax +56 32 92 32 22
e-mail: elecchile@entchile.net

U.S.A.
Central Office:
LEM U.S.A., Inc.
6643 West Mill Road
USA Milwaukee, Wj 53218
Tel. +1 414 353 07 11
Toll free: 800 236 53 66
Fax +1 414 353 07 33
e-mail: lus@lem.com

LEM U.S.A., Inc.
27 Rt 191A
PO Box 1207
USA-Amherst, NH 03031
Tel. +1 603 672 71 57
Fax. +1 603 672 71 59
e-mail: gap@lem.com

LEM U.S.A., Inc.
7985 Vance Drive
USA Arvada, CO 80003
Tel. +1 303 403 17 69
Fax. +1 303 403 15 89
e-mail: dlw@lem.com

Asien • Pazifik

Australia and New Zealand
Fastron Technologies Pty Ltd.
25 Kingsley Close
Rowville - Melbourne -
Victoria 3178
Tel. +61 39 763 51 55
Fax +61 39 763 51 66
e-mail: sales@fastron.com.au

China
Beijing LEM Electronics Co. Ltd
No. 1 Standard Factory
Building B, Airport Industria
Area, Beijing, China
Post code : 101300
Tel. +86 10 80 48 31 78
Fax +86 10 80 48 43 03
e-mail: lcf@lem.com

India
Globetek
122/49, 27th Cross
7th Block, Jayanagar
IN-Bangalore-560082
Tel. +91 80 2 663 57 76
Fax +91 80 2 653 40 20
e-mail: globetek@vsnl.com

Japan
NANALEM K.K.
2-1-2 Nakamachi
J-194-0021 Tokyo
Tel. +81 42 725 81 51
Fax +81 42 728 81 19
e-mail: nle@lem.com

Korea
Youngwoo Ind. Co.
C.P.O. Box 10265
K-Seoul
Tel. +82 2 312 66 88 58
Fax +82 2 312 66 88 57
e-mail: c.k.park@ywoo.co.kr

Malaysia
Acei Systems SDN BHD
No. 3, SB Jaya 7
Taman Industri SB Jaya
47000 Sungai Buloh
Selangor, Malaysia
Tel. +60 36157 85 08/55 08
Fax +60 36157 15 18
e-mail: ssshullar@aceisys.com.my

Singapore
Overseas Trade Center Ltd.
03 - 168 Bukit Merah L. 1
BLK 125/Alexandra Vil
RS-150125 Singapore
Tel. +65 6 272 60 77
Fax +65 6 278 21 34
e-mail: octpl@signet.com.sg

Taiwan
Tope Co., Ltd.
P.O. Box 101-356
3F, No. 344, Fu Shing Road
ROC-10483 Taipei
Tel. +886 2 509 54 80
Fax +886 2 504 31 61
e-mail: tope@ms1.hinet.net

POWERTRONICS CO. LTD
2F, No 138, Sec. 3
Chung-shin Rd, Shing-Tien,
Taipei-Hsien 231,
Taiwan, R.O.C.
Tel. +886 2 2915 7000
Fax +886 2 2915 3910
e-mail: powertr@ms22.hinet.net



LEM Components
8, Chemin des Aulx, CH-1228 Plan-les-Ouates
Tel. +41/22/706 11 11, Fax +41/22/794 94 78
e-mail: lsa@lem.com; www.lem.com

Druckschrift CH 24108 D (07.05 • 3 • CDH)

Vertragshändler