ICP®- Aufnehmer und lange Messleitungen

Die Signalübertragung über lange Leitungen ist allgemein Gegenstand vieler Überlegungen, gleichgültig aus welchem Sensor das zu übertragende Signal stammt. Fehler können entstehen durch Rauschen, Erdschleifen, elektromagnetische Einflüsse oder durch eine frequenzabhängige Übertragungscharakteristik. Ebenso kann der limitierte Strom, der für das Treiben der Kabelkapazitäten zur Verfügung steht, Ursache für diese Fehler sein. Darüberhinaus ist natürlich auch die Kostenfrage und damit die erforderliche Qualität des Kabels von wesentlicher Bedeutung.

Die ICP®-Technik: besonders geeignet

Anders als bei der Übertragung von Ladungen, bei der das Systemrauschen eine Funktion der Kabelkapazität ist, generieren piezoelektrische Aufnehmer mit interner Elektronik nach der ICP®-Technik ein hohes Spannungssignal (typ. ±5 V) mit einer niedrigen Quellimpedanz. Daher eignet sich diese Technik ganz besonders zur Signalübertragung über lange Leitungen, ohne dass sich hierbei das Systemrauschen bedingt durch die Kabelkapazität merklich erhöht.

Andere Störspannungen, verursacht durch Erdschleifen, lassen sich bei der Verwendung von Aufnehmern mit erdfeiem Signalausgang oder auch durch die isolierte Montage der Aufnehmer vollständig vermeiden. Hierdurch ist sichergestellt, dass in dem gesamten Messkreis nur ein Erdungspunkt, üblicherweise das Mess- oder Aufzeichnungssystem, vorhanden ist.

Die kapazitive Belastung der Signalquelle, bedingt durch die Kabelkapazität, hat, wie schon eingangs erwähnt, keinen wesentlichen Einfluss auf das Rauschen der Messkette. Allerdings stellt die Kabelkapazität praktisch einen Tiefpass zweiter Ordnung dar und dämpft bzw. verstärkt höherfrequente Signale entsprechend der Ausgangsimpedanz der internen Elektronik des piezoelektrischen Aufnehmers. Bei der Untersuchung niederfrequenter Signale im Bereich von 10 bis 2.000 Hz stellt dieser Effekt kein Problem dar. Bei der Übertragung von Signalen mit höheren Frequenzinhalten und bei Leitungslängen größer 30 m sollte die Möglichkeit einer Signalverstärkung untersucht werden.

Die Eingangskreise von Messsystemen liefern in der Regel einen einstellbaren Konstantstrom von 2 oder 4 mA für die ICP®-Elektronik der Aufnehmer, bei den netzgespeisten ICP®- Versorgungseinheiten von PCB Piezotronics kann dieser Strom auf bis zu 20 mA erhöht werden. Die Höhe der Signalamplitude und -frequenz, die über eine Messleitung übertragen werden sollen, bestimmen die Größe des erforderlichen Treiberstromes. Die maximale Frequenz, die bei einer gegebenen Kabellänge übertragen werden kann, hängt von der Kabelkapazität sowie dem Verhältnis von maximaler Signalamplitude und dem von der Versorgungseinheit lieferbaren Strom ab:

Hierbei gilt der folgende Zusammenhang:

$$f_{max} = \frac{10^9}{2\,\pi\,C\,\frac{V}{I_C - 1mA}}$$

dabei sind:

f	max. Frequenz (Hz)
C	Kapazität des Kabels (pF)
Ic	Konstantstrom aus der ICP®-Versorgungseinheit (mA)
Ic-1mA	Konstantstrom aus der ICP®-Versorgungseinheit minus 1 mA (wird von der ICP®-Elektronik im Sensor benötigt)
10^9	Skalierungsfaktor
V	max. Ausgangssignal des Sensors (V), typ. 5V

Aus dieser Beziehung lässt sich die maximal zu übertragende Frequenz einer Messleitung bestimmen, wenn die Signalamplitude, die Kabelkapazität und der zur Verfügung stehende Versorgungsstrom bekannt sind. Dieser Zusammenhang ist im Nomogramm auf der 2. Seite dargestellt.

Bei der Berechnung des Verhältnisses

$$\frac{V}{I_C - 1mA}$$

ist zu beachten, dass Aufnehmer mancher Hersteller mehr als 1mA Versorgungsstrom benötigen. Hier ist ggf. der entsprechende Lieferant zu kontaktieren.

Beispiel zur Nutzung des Nomogramms (siehe Rückseite):

Gegeben sei eine Messleitung mit einer Gesamtkapazität von 3.000 pF (dies entspricht einer typischen Messleitung mit einer Länge von 30 bis 40 m) und eine Versorgungseinheit mit einem maximalen Konstantstrom von 2 mA. Bei einer Signalamplitude von 5 Volt liegt die kritische Frequenz bei 10,2 kHz.

Aus dem Nomogramm ist also die Kabellänge ersichtlich, bei der die maximale Stromkapazität der Versorgungseinheit noch nicht überschritten wird. Das Nomogramm zeigt dagegen nicht an, ob der Amplitudenverlauf bis zu dieser Frequenz flach, ansteigend oder abfallend ist. Die Erfahrung hat gezeigt, dass der Frequenzgang befriedigend ist, wenn im tatsächlichen Betrieb die maximal zu übertragende Frequenz nur zu 50% erreicht wird. Aus diesem Grund sollte der Konstantstrom erhöht werden, ohne allerdings den maximal zulässigen Wert von 20 mA zu überschreiten.

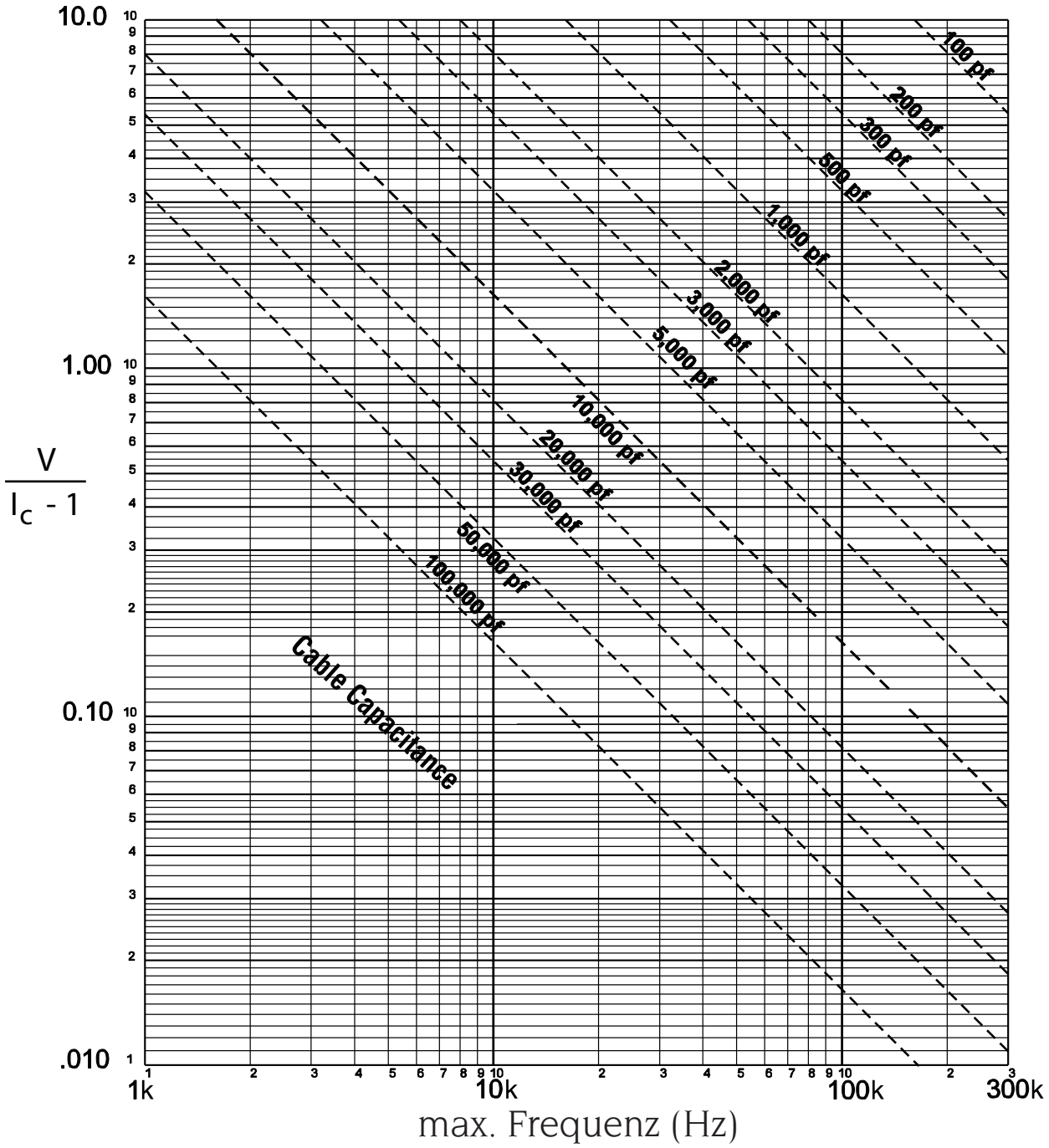
Zu beachten ist hierbei unbedingt, dass der restliche Strom, der nicht zum Treiben der Kabelkapazität benötigt wird, in die interne Elektronik des Aufnehmers fließt und hier für Hitzeentwicklung sorgt! Hierdurch kann u.U. die max. Betriebstemperatur des Aufnehmers überschritten werden. Diese Gefahr besteht vor allem dann, wenn der Aufnehmer bereits bei sehr hohen Umgebungstemperaturen, wie z. B in einer Testkammer oder an einem Motor, eingesetzt wird.

Anhaltswerte

Die nachfolgende Tabelle enthält Anhaltswerte für Leitungslänge und max. Übertragungsfrequenz bei einigen gebräuchlichen Kabeltypen und unterschiedlichen Versorgungsströmen.

		Versorgungstrom (mA)			
Kabeltyp	max. Frequenz (Hz)	2	4	12	20
042	1.000	485	> 600	> 600	> 600
65,6 pF/m	5.000	95	290	> 600	> 600
	10.000	45	145	530	> 600
051	1.000	330	> 600	> 600	> 600
95,1 pF/m	5.000	65	200	> 600	> 600
	10.000	30	95	350	> 600
052	1.000	265	> 600	> 600	> 600
118,1 pF/m	5.000	50	160	590	> 600
	10.000	25	80	295	510
053	1.000	190	570	> 600	> 600
167,3 pF/m	5.000	36	110	410	> 600
	10.000	18	55	205	360
055	1.000	355	> 600	> 600	> 600
88,6 pF/m	5.000	70	210	> 600	> 600
	10.000	33	105	390	> 600
059	1.000	265	> 600	> 600	> 600
118,1 pF/m	5.000	52	160	590	> 600
	10.000	24	80	295	510

Nomograph Kabellänge



Zusammenfassung

Prinzipiell ist es kein Problem, Signale aus piezoelektrischen Aufnehmern mit ICP®-Elektronik auch bei höheren Frequenzen über große Entfernungen zu übertragen. Die Qualität dieser Signale wird bei entsprechend sorgfältiger Vorgehensweise weder durch Rauschen noch durch Amplitudenfehler reduziert. Generell wird allerdings empfohlen, vor der Bestellung langer Messleitungen die jeweilige Aufgabenstellung mit uns zu besprechen.