

DiMod 307 und SAE J211-1 Konformität

Abstract

Dieses Dokument vergleicht die messtechnischen Eigenschaften des DTI-Messsystems mit den Anforderungen aus der SAE J211-1 Rev. MAR 2014, im Weiteren mit SAE J211-1 bezeichnet.

Authors

Dipl.-Ing. (FH) Jochen Schulz

Service-Ingenieur

Kistler Automotive GmbH

69126 Heidelberg, Deutschland

Inhalt

1. Leistungsanforderungen eines Datenkanals	2
2. Linearitätsfehler	2
3. Frequenzgang des Filters	3
4. Frequenzgang der digitalen Messkette	4
5. Zeitbasis	4
6. Relativer Laufzeitfehler	5
7. Kontaktzeit	5
8. Dynamische Shuntstimulation	6
9. Überblick	8

1. Leistungsanforderungen eines Datenkanals
2. Linearitätsfehler
3. Frequenzgang des Filters
4. Frequenzgang der digitalen Messkette
5. Zeitbasis

6. Relativer Laufzeitfehler
7. Kontaktzeit
8. Dynamische Shuntstimulation
9. Überblick

1. Leistungsanforderungen eines Datenkanals

Die SAE J211-1 beschreibt einen Datenkanal als Messkette bestehend aus Aufnehmer, Datenerfassung, interner sowie externen Verdrahtung und aller analytischer Prozesse, die Einfluss auf das Frequenz- und Zeitverhaltender der Messkette nehmen können.

Da das DTI-Messsystem für die Nutzung mit einer breiten Palette von aktiver sowie passiver Sensorik ausgelegt ist, kann in nachfolgender Betrachtung ausschliesslich das Verhalten eines DiMods mit der Verwendung eines DTI-Datenrekorders überprüft werden. Für die vollständige Abschätzung der SAE-Konformität der Mess-

kette müssen herstellerepezifische Informationen des Aufnehmers sowie der verwendeten Software beachtet werden.

Ein jedes DiMod durchläuft bei seiner Inbetriebnahme eine aufwändige Reihe von Tests, die die korrekte Funktion einzelner elektronischer Bauelemente sowie die Einhaltung diverser Spezifikationsgrenzen sicherstellen soll. Die genannten Spezifikationsgrenzen sind, falls vorhanden, entsprechend den Anforderungen der SAE J211-1 definiert.

2. Linearitätsfehler

Der Linearitätsfehler darf laut SAE J211-1 einen maximal Wert von 2,5 % (bezogen auf den Messbereich) nicht überschreiten. Die Einhaltung dieser Kenngrösse wird beim DTI-Messsystem gleich mehrfach überprüft:

Test	Anforderung der SAE J211-1	Spezifikation des DTI-Messsystems
Inbetriebnahme/Spezifikationstest	≤2,5 % bezogen auf den Messbereich, gemessen zwischen FL und FH	Bei den Sollverstärkungen 10, 100 und 1.000 <0,2 % (3 unterschiedliche Testdurchläufe)
Endtest des endkonfektionierten DiMods	≤2,5 % bezogen auf den Messbereich, gemessen zwischen FL und FH	Bei festdefinierter Verstärkung <0,2 %
Endtest des endkonfektionierten DiMods	≤2,5 % bezogen auf den Messbereich, gemessen zwischen FL und FH	Abhängig vom Aufnehmertyp Typ <1 %

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Anforderung des Linearitätsfehlers der SAE J211-1 zu den Spezifikationsgrenzen des DTI-Messsystems

1. Leistungsanforderungen eines Datenkanals
2. Linearitätsfehler
- 3. Frequenzgang des Filters**
4. Frequenzgang der digitalen Messkette
5. Zeitbasis

6. Relativer Laufzeitfehler
7. Kontaktzeit
8. Dynamische Shuntstimulation
9. Überblick

3. Frequenzgang des Filters

Jeder DTI-Messkanal besitzt an seinem Eingang einen 5-poligen Filter mit einer 3-dB-Grenzfrequenz von 4 kHz. Dieses Filter ist hardwaretechnisch realisiert und dient hauptsächlich als analoger Rückfaltungsschutz (Anti-Aliasing-Filter).

Diagramm 1 zeigt den Amplitudengang eines solchen Filters in Abhängigkeit von der Signalfrequenz:

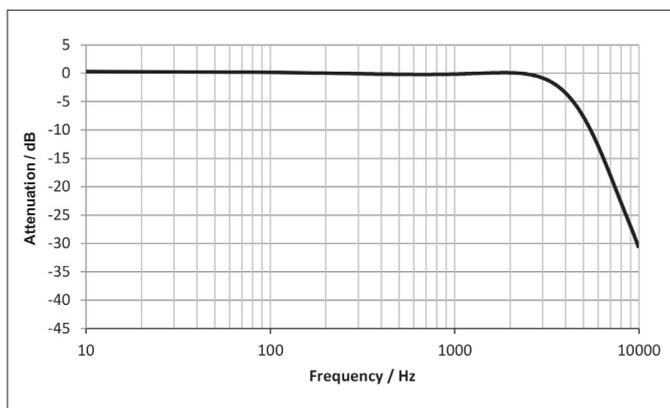


Bild 1: Amplitudengang Anti-Aliasing-Filter

Anhand des gemessenen Phasengangs können nun die entsprechenden Laufzeiten definiert werden. Die SAE J211-1 fordert eine Zeitvarianz <100 µs im Frequenzbereich 30 Hz bis 1.000 Hz (CFC1000). Wie im nachfolgenden Diagramm (Diagramm 3) ersichtlich, kann die DTI-Messtechnik diesen Forderungen entsprechen.

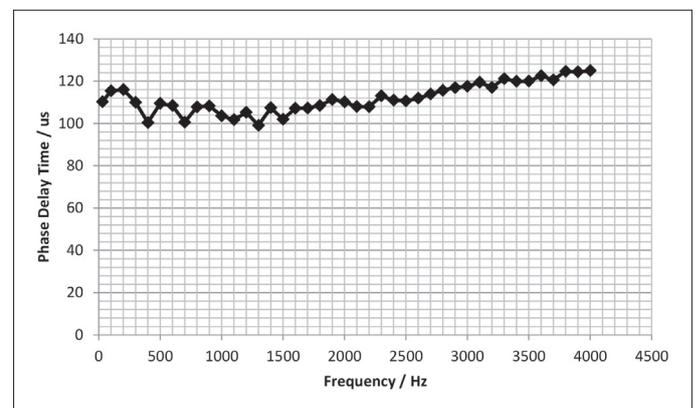


Bild 3: Zeitvarianz über Signalfrequenz

Mit der Phasenlaufzeit beschreibt die SAE J211-1 zudem eine weitere wichtige Kenngröße. Nachfolgendes Diagramm (Diagramm 2) zeigt den Phasengang in Grad über der Signalfrequenz (Abtastrate 20 kHz; 3-dB-Grenzfrequenz 4 kHz):

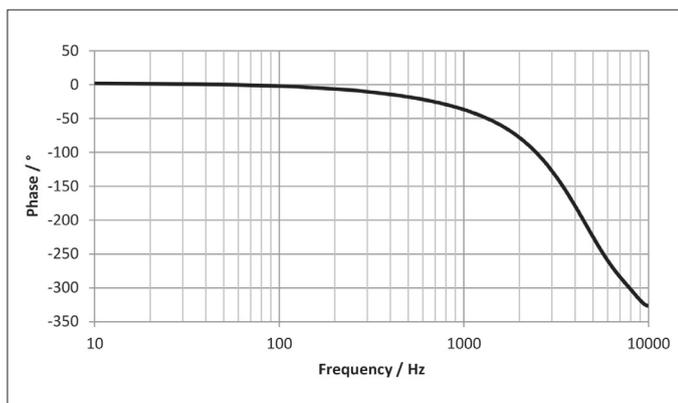


Bild 2: Phasengang über Signalfrequenz

1. Leistungsanforderungen eines Datenkanals
2. Linearitätsfehler
3. Frequenzgang des Filters
4. **Frequenzgang der digitalen Messkette**
5. Zeitbasis

6. Relativer Laufzeitfehler
7. Kontaktzeit
8. Dynamische Shuntstimulation
9. Überblick

4. Frequenzgang der digitalen Messkette

Um eine Filterung nach den Anforderung der SAE J211-1 zu erlangen, muss das Messsignal je nach Channel Frequency Class (CFC) digital nachgefiltert werden. Nachfolgendes Diagramm zeigt den vorgefilterten Amplitudengang des digitalen Ausgangs eines DiMods (blau). Der rote Kurvenverlauf zeigt das zugehörige digital nachgefilterte Signal (CFC1000), welches sich in den Spezifikationsgrenzen der SAE (gestrichelt) bewegt.

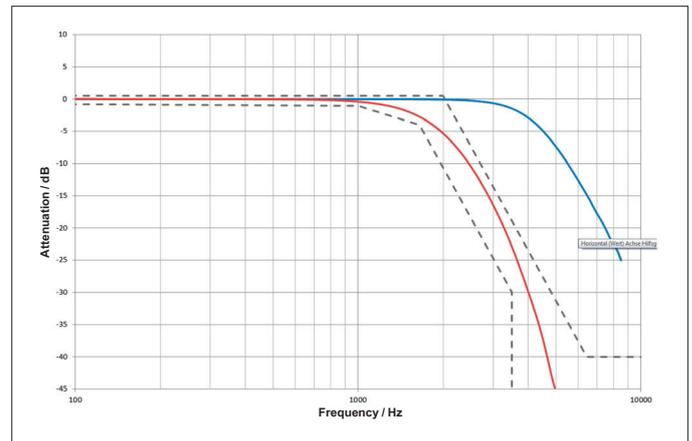


Bild 4: Amplitudengang digitaler Ausgang (blau) gegenüber nachgefiltertem Signal (rot)

5. Zeitbasis

In der SAE J211-1 ist eine Auflösung der Zeitbasis von 1/100 Sekunden bei einem maximalen Fehler von $<0,1\text{ms}$ gefordert.

Zur Synchronisation verschiedener DTI-Datenrekorder oder andersartiger Mess- und/oder Videotechnik dient ein 1-kHz-Zentraltakt. Dadurch erhalten alle im Test verwendeten Geräte

einen einheitlichen Zeitstempel bezogen auf das t_0 -Triggersignal. Zur Erzeugung dieses Taktes dient eine sehr schmalbandige Phasenregelschleife (phase-locked loop; kurz: PLL) mit einem Fangbereich von $\pm 200\text{ ppm}$. Die Frequenzgenauigkeit der verwendeten PLL wird mit $\pm 100\text{ ppm}$ angegeben, so dass sich für den maximale Zeitfehler ein Wert von $0,2\text{ }\mu\text{s}$ ergibt.

1. Leistungsanforderungen eines Datenkanals
2. Linearitätsfehler
3. Frequenzgang des Filters
4. Frequenzgang der digitalen Messkette
5. Zeitbasis

6. Relativer Laufzeitfehler
7. Kontaktzeit
8. Dynamische Shuntstimulation
9. Überblick

6. Relativer Laufzeitfehler

Laut SAE J211-1 darf der maximale relative Laufzeitfehler der jeweiligen Messkanäle zueinander einen Wert von 1 ms nicht überschreiten. Werden die Kanäle in mathematischen Zusammenhang gebracht, ist sogar ein maximaler relativer Laufzeitfehler von 0,1 ms gefordert.

Die Überprüfung des relativen Laufzeitfehlers findet mit Hilfe des DiMod-eigenen Oszillatortaktes sowie eines Zählers statt und wird von jedem Messkanal nach seiner Endkonfektionierung durchlaufen. Die Abweichung zwischen dem festgestellten Zählerwert und dem vorgegebenen Sollwert muss im Bereich $\pm 0,5\%$ liegen. Dies entspricht einer maximalen Ungenauigkeit von $\pm 0,75 \mu\text{s}$.

7. Kontaktzeit

Die Weitergabe des t0-Triggersignals an alle im Test verwendeten Komponenten stellt eine wesentliche Aufgabe dar und wird bei der Verwendung von DTI-Messtechnik von der sogenannten ComBox erledigt. Die Kontaktzeit, also genau die Zeit, welche zwischen der Detektion des Triggerkontaktes und des Auslösens des Triggerevents (Weitergabe des Triggers) verstreicht, darf laut der SAE J211-1 einen Wert von 0,4 ms nicht überschreiten.

In der nachfolgenden Grafik wird die Kontaktzeit der ComBox ermittelt. Mit Hilfe eines Kontaktschalters wird ein t0 simuliert (gelb). An einem t0-Ausgang der ComBox wird das Auslösen des Triggerevents aufgezeichnet (türkis): Die Kontaktzeit beim DTI-Messsystem liegt unter $5 \mu\text{s}$ und damit deutlich unter den Anforderungen der SAE J211-1.

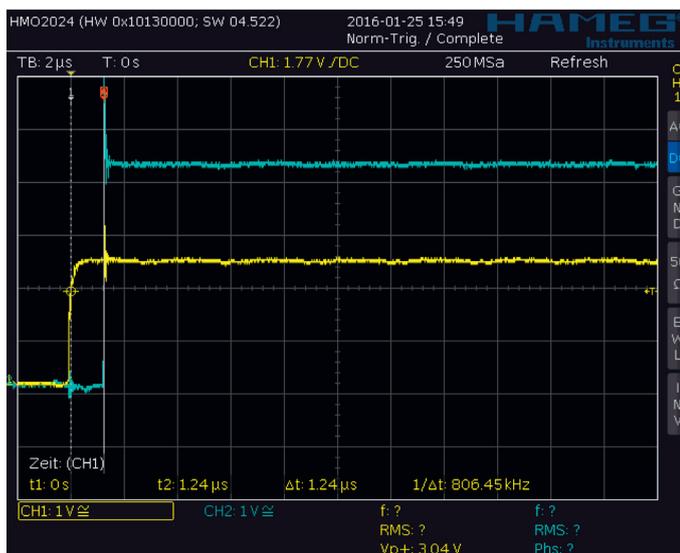


Bild 5: Kontaktzeit der ComBox

1. Leistungsanforderungen eines Datenkanals
2. Linearitätsfehler
3. Frequenzgang des Filters
4. Frequenzgang der digitalen Messkette
5. Zeitbasis

6. Relativer Laufzeitfehler
7. Kontaktzeit
- 8. Dynamische Shuntstimulation**
9. Überblick

8. Dynamische Shuntstimulation

Die dynamische Shuntstimulation dient der Überprüfung der Filterkoeffizienten nach der Endkonfektionierung und festen Verdrahtung des DiMods mit dem entsprechenden analogen Aufnehmer. Hierzu bedient man sich der am Eingang befindlichen Shuntschalter, die nun mit entsprechenden Frequenzen geschaltet werden. Durch die positive bzw. negative Verstimmung der Aufnehmerbrücke entsteht ein Rechtecksignal, welches digital erfasst und ausgewertet wird.

Folgende analoge Signalformen können während der dynamischen Shuntstimulation aufgezeichnet werden (Stim R = 22.100 Ω; Gain R = 18.200 Ω):

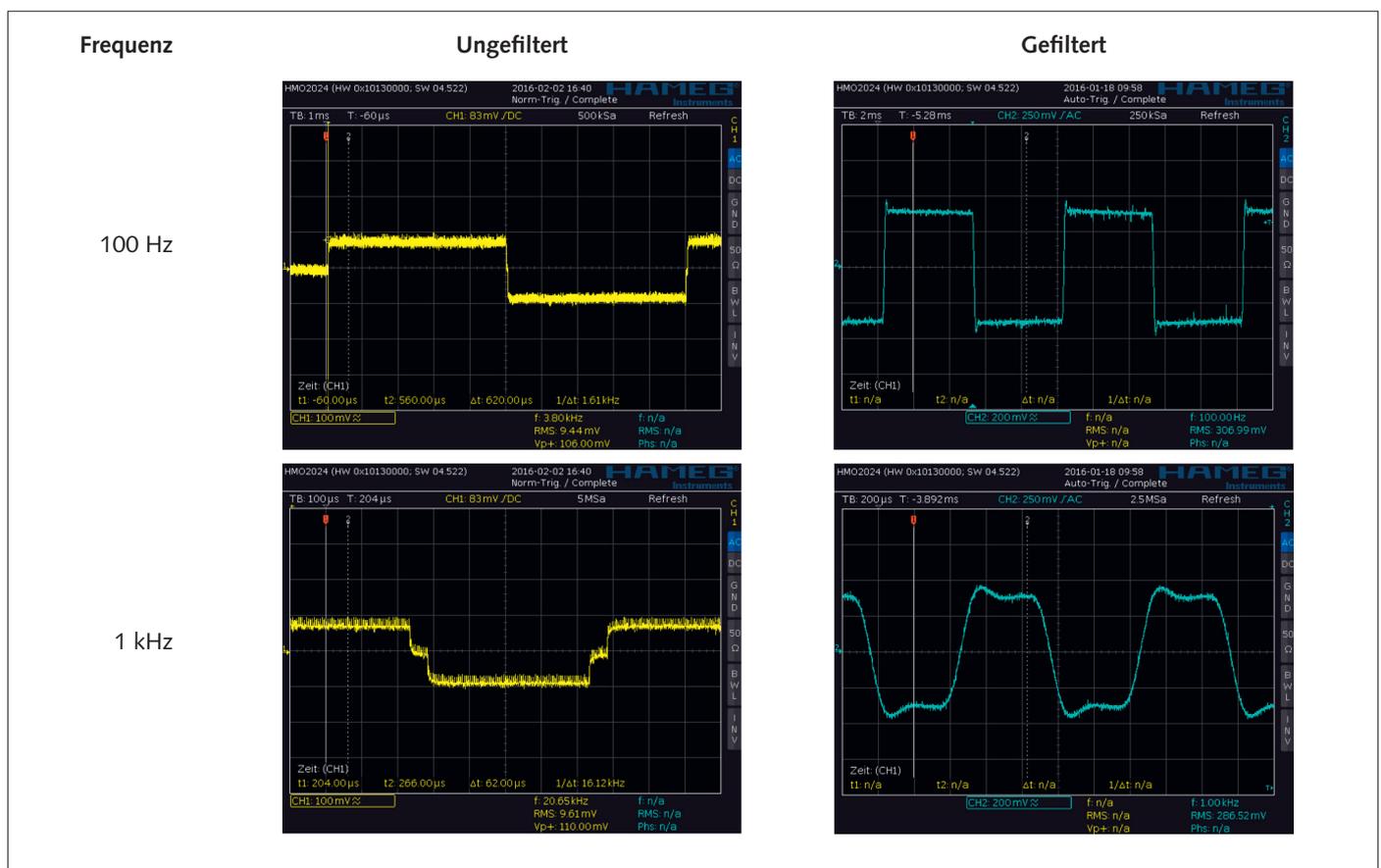


Bild 6: Dynamische Shuntstimulation

1. Leistungsanforderungen eines Datenkanals
2. Linearitätsfehler
3. Frequenzgang des Filters
4. Frequenzgang der digitalen Messkette
5. Zeitbasis

6. Relativer Laufzeitfehler
7. Kontaktzeit
8. **Dynamische Shuntstimulation**
9. Überblick

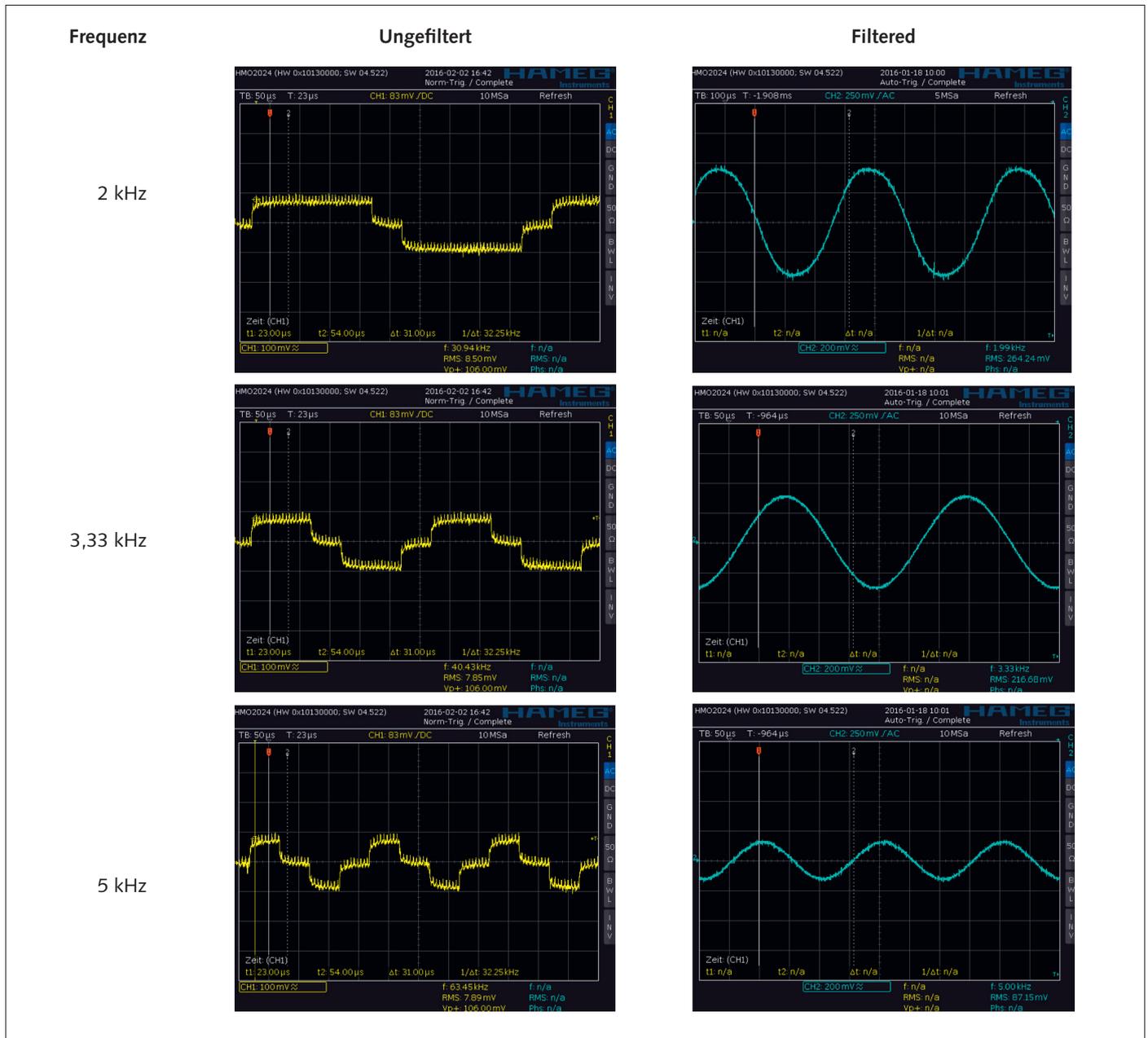


Bild 7: Dynamische Shuntstimulierung

Bei dieser Testreihe werden die unterschiedlichen Amplitudendämpfungen der hier aufgeführten Signale in Bezug zum 100-Hz-Signal festgestellt. Die ermittelten Werte werden im Speicher des jeweiligen Messkanals abgelegt und können somit jeder Zeit durch Wiederholung dieses Testes überprüft werden.

Typischerweise werden folgende Amplitudendämpfungen bei einem unbeschalteten DiMod festgestellt:

- 1.000 Hz – typ. –0,6 dB
- 2.000 Hz – typ. –1,3 dB
- 3.330 Hz – typ. –3 dB
- 5.000 Hz – typ. –10 dB

1. Leistungsanforderungen eines Datenkanals
2. Linearitätsfehler
3. Frequenzgang des Filters
4. Frequenzgang der digitalen Messkette
5. Zeitbasis

6. Relativer Laufzeitfehler
7. Kontaktzeit
8. Dynamische Shuntstimulation
9. **Überblick**

9. Überblick

Kapitel in der SAE J211-1	Beschreibung	Anforderungen aus der SAE J211-1	Spezifikationen des DTI-Messsystems
4.1	Linearitätsfehler	$\leq 2,5\%$ im Bezug zum Messbereich zwischen F_L und F_H	<ul style="list-style-type: none"> • $< 0,2\%$ im Spezifikationstest • Typ. $< 1\%$ bei der Kalibrierung
4.2	Amplitudengang	Siehe Diagramme in der SAE: <ul style="list-style-type: none"> • Figure 1: CFC600 und CFC1000 • Figure 2 : CFC60 und CFC180 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtertest mit Sinusanregung bei Spezifikationstest • Dynamischer Shuntstimulierung bei Spezifikationstest und Kalibrierung
4.3	Phasengang	Max. Variation der Laufzeit von $< 100\ \mu\text{s}$ im Bereich von 30 Hz bis 1.000 Hz	$< 30\ \mu\text{s}$ im Bereich 30 bis 4.000 Hz
4.4.1	Zeitbasis	Min 1/100 Sekunden Auflösung bei einem Fehler $< 0,1\ \text{ms}$	Zentraltakt zur Synchronisation von 1 kHz Bei maximalen Fehler $< 1\ \mu\text{s}$
4.4.2	Relativer Laufzeitfehler	$< 1\ \text{ms}$ zwischen allen Kanälen $< 0,1\ \text{ms}$ zwischen Kanälen mit mathematischen Zusammenhang	$< 1\ \mu\text{s}$ zwischen allen Kanälen
4.6.4	Kalibrierung des Frequenzganges	Messen eines bekannten Eingangssignals von DC bis 3 kHz	<ul style="list-style-type: none"> • Filtertest mit Sinusanregung bei Spezifikationstest von DC bis 4 kHz • Dynamischer Shuntstimulierung bei Spezifikationstest und Kalibrierung von 100 Hz bis 5 kHz
8.1	Presample Filtering	Im oder über dem Bereich von CFC1000	<ul style="list-style-type: none"> • 4 kHz Hardware-Filterung welche Bereiche des CFC1000 Korridors einhält
8.2	Abtastrate	Min. 10 kHz Sampling pro Kanal	<ul style="list-style-type: none"> • 20 kHz Sampling pro Kanal • Zeitsimultane Erfassung aller Kanäle
8.3	Auflösung	Min 12 Bit und LSB $< 0,2\%$ vom Messbereich	16 Bit
8.4.1	Digitale Filterung	CFC-Filter müssen die Grenzen aus Punkt 4.2 einhalten	<ul style="list-style-type: none"> • wird mit 4-poligen, phasenlosen Butterworth-Filter Algorithmen erreicht
8.4.2	Skalierung	Verwendung von Software zur Nutzung der richtigen Skalierung	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung des Verstärkungsfaktors bei der Endkonfektionierung des DiMods • Feststellung des digitalen Übertragungsfaktors durch Kalibrierung • Digitaler Übertragungsfaktor im Speicher des DiMods
8.4.3	Nullung	Verwendung von Software zur Nullung des Signals	Mehrere Möglichkeiten der Signal-Nullung (abhängig von der verwendeten Auswertesoftware)
10	Kontaktzeit	0,4 ms	5 μs

Tabelle 2: Comparison between the requirements as per SAE J211-1 and the specification limits of the DTI measuring system

Kistler Group
Eulachstrasse 22
8408 Winterthur
Schweiz

Tel. +41 52 224 11 11

Die Produkte der Kistler Gruppe sind durch verschiedene gewerbliche Schutzrechte geschützt. Mehr dazu unter www.kistler.com
Die Kistler Gruppe umfasst die Kistler Holding AG und alle ihre Tochtergesellschaften in Europa, Asien, Amerika und Australien. Finden Sie Ihren Kontakt auf www.kistler.com

KISTLER
measure. analyze. innovate.