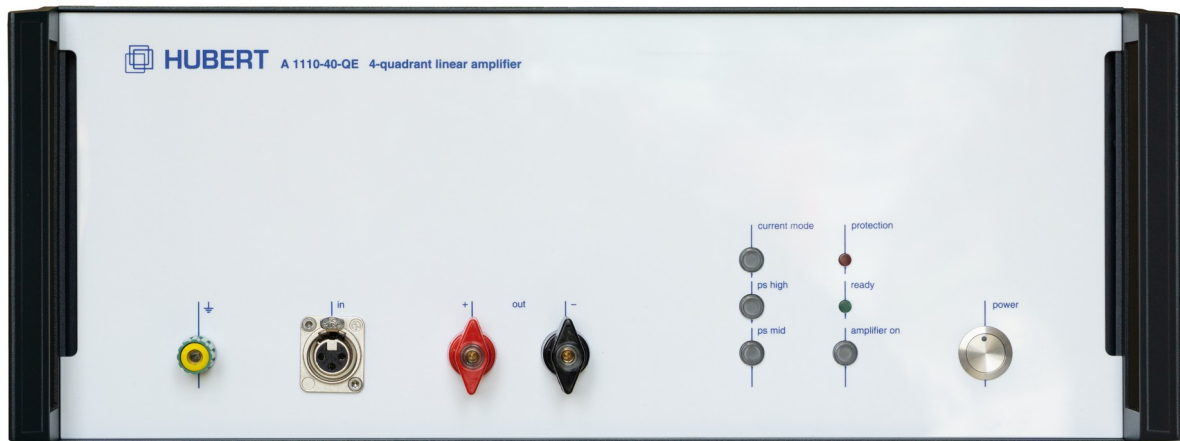




HUBERT

amp up your process

Whitepaper No. 10



HUBERT Leistungsverstärker und die Bordnetz- Spannungswelligkeit



1 Einleitung

Die elektrische Sitzheizung, das Infotainment System und diverse andere Steuergeräte für die Motorelektronik sind typische Baugruppen im modernen Kraftfahrzeugen. Die Prüfungen zur Betriebssicherheit dieser elektrischen und elektronischen Komponenten erfolgt nach diversen Standards und Werksnormen, wie z.B. **LV124**, **VDA 320**, **LV123** oder **VW80300**.

Für die Störfestigkeit des Prüflings gegenüber einer auftretenden **Spannungswelligkeit**, wird auch eine sinusförmige Wechselspannung auf die Versorgungsspannung des Bordnetzes überlagert.

Die Frequenzbereiche liegen je nach Standard zwischen 10 Hz und 200 kHz mit Amplituden bis zu 32Vpp. Die klassischen DC-Netzteile sind in der Regel für diese hohen Anforderung an eine schnelle Signalverarbeitung nicht geeignet.

Eine Aufgabe für die schnellen HUBERT 4-Quadranten-Leistungsverstärker.

In den folgenden Abschnitten werden beispielhaft Testaufbauten und Prüfungen aus der Automobil Werksnorm VDA 320 und VW80300 vorgestellt.

Der Focus liegt dabei auf der Präsentation der transienten Eigenschaften und der Leistungsfähigkeit des HUBERT 4-Quadranten-Leistungsverstärkers insbesondere an reaktiven Lasten bzw. Prüflingen. Dazu gehören z.B. die „beliebten“, allgegenwärtigen DC-DC-Wandler.

Die jeweils nötige Anzahl und Definition der Prüfzyklen, sowie die Bewertung des Prüflings sind nicht Bestandteil der Betrachtungen.

Für die nötige Spannungsquelle sorgt ein 6 KW HUBERT 4-Quadranten-Verstärker System **HUBERT A1500-70-16** oder zwei 4-Quadranten-Verstärker **HUBERT A1110-40-QE**, die Prüfsignale werden von einem Standard-Arbiträrgenerator erzeugt.

2 VDA 320 E-05

Bei diesem sehr populären Test übernimmt der 4-Quadranten-Leistungsverstärker die DC-Versorgung des Prüflings und überlagert die geforderte Wechselspannung.

Die Definition der Testspannung lautet:

$$U_{F1} = 6 V_{pp}, F1: 15 \text{ Hz} - 30 \text{ kHz}$$

$$U_{F2} = 2 V_{pp}, F2: 30 \text{ kHz} - 200 \text{ kHz}$$

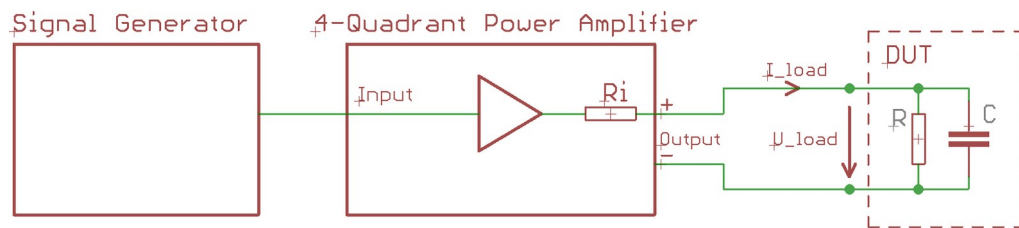


Figure 1: Test-Setup

Die Figure 1 zeigt den prinzipiellen Testaufbau mit einem reaktiven Prüfling (DUT), der in diesem Beispiel durch eine typische Ersatzschaltung von Kapazität und Widerstand realisiert wird.

Für diesen Test wurden beispielhaft die folgenden Betriebsparameter gewählt:

Power Amplifier: **HUBERT A1500-70-16**

$$U_{dc} = 48 \text{ V}, R_i = 50 \text{ m}\Omega, R = 1 \text{ }\Omega, C = 7000 \text{ }\mu\text{F}$$

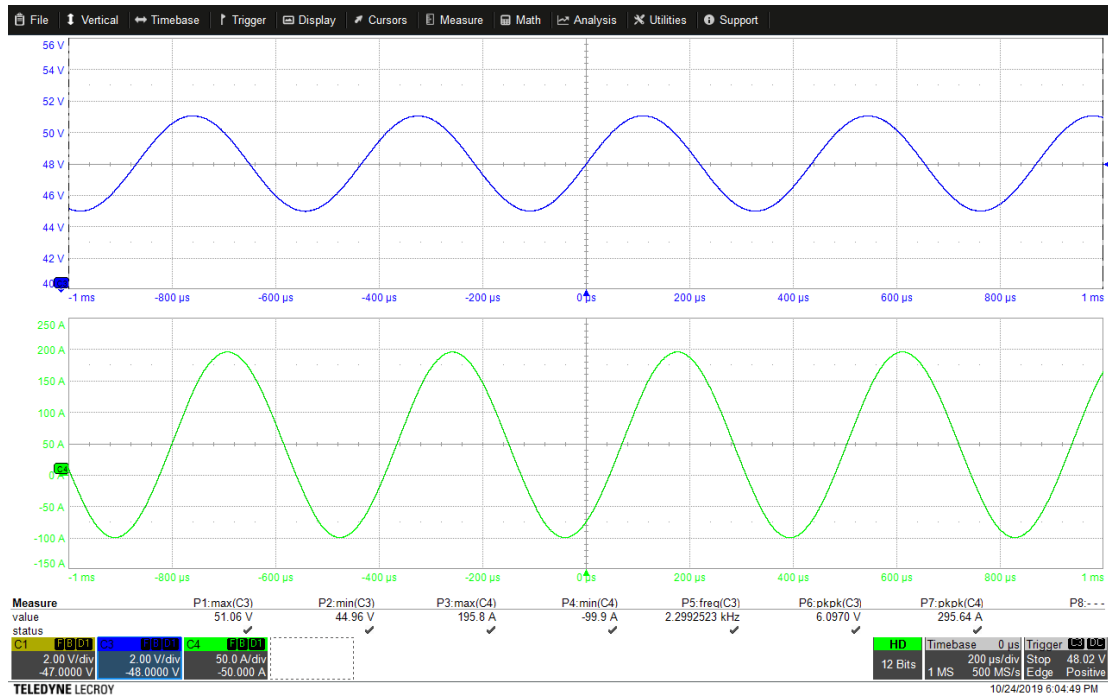


Figure 2: C3:U_mon; C4:I_mon

Die Figure 2 verdeutlicht die Leistungsanforderung an das 4-Quadranten-Verstärkersystem. Zum einen sind hohe (Rippel)-Quellenströme gefordert, hier $200 A_p$ bei 2,3 kHz. Zum anderen müssen hohe Ströme ($-100 A_p$) bei positiver Ausgangsspannung gesenkt werden. Die Leistungsdaten im vierten Quadranten stehen hier im Fokus bei der Dimensionierung des Verstärkersystem.

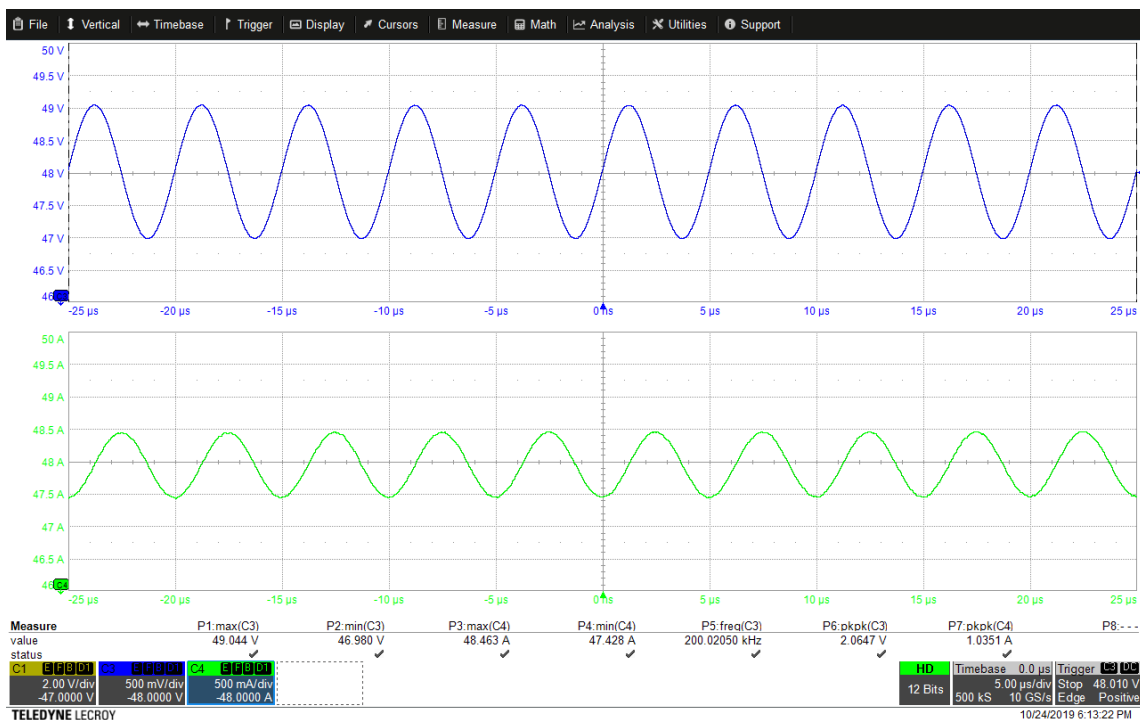


Figure 3: C3:U_mon; C4:I_mon



Die Figure 3 zeigt, dass auch 200 kHz Rippelspannung für das Verstärkersystem keine Hürde ist und valide Ergebnisse liefert. Naturgemäß sind bei dieser Frequenz die Rippelströme, bedingt durch z.B. Leitungsinduktivitäten und dem ESR in der Kapazität deutlich geringer.

3 VW80300 EHV-09

Eine besondere Herausforderung stellen die Prüfungen im Hochvoltbereich dar. Zwei mögliche Testaufbauten werden in den nächsten beiden Abschnitten vorgestellt.

Die geforderten Amplituden der überlagerten Wechselspannung sind frequenzabhängig, die Table 3.1 gibt einen Überblick für das 450 V Bordnetz.

Frequency	V_{HV}
10 Hz to 1 kHz	12 V _{pp}
1 kHz to 5 kHz	12 V _{pp} to 24 V _{pp} (frequency Log scale)
5 kHz to 40 kHz	24 V _{pp}
40 kHz to 50 kHz	24 V _{pp} to 8 V _{pp} (frequency Log scale)
50 kHz to 150 kHz	8 V _{pp}

Table 1

3.1 Der Einkoppeltrafo

Die klassische Methode zur Einkopplung von Wechselspannungen ist die Verwendung eines Transformators mit hoher Bandbreite und DC-Strombelastbarkeit, der vom einem AC-Verstärker gespeist wird. Als treibende Kraft kommt auch hier der HUBERT 4-Quadranten-Verstärker zum Einsatz.

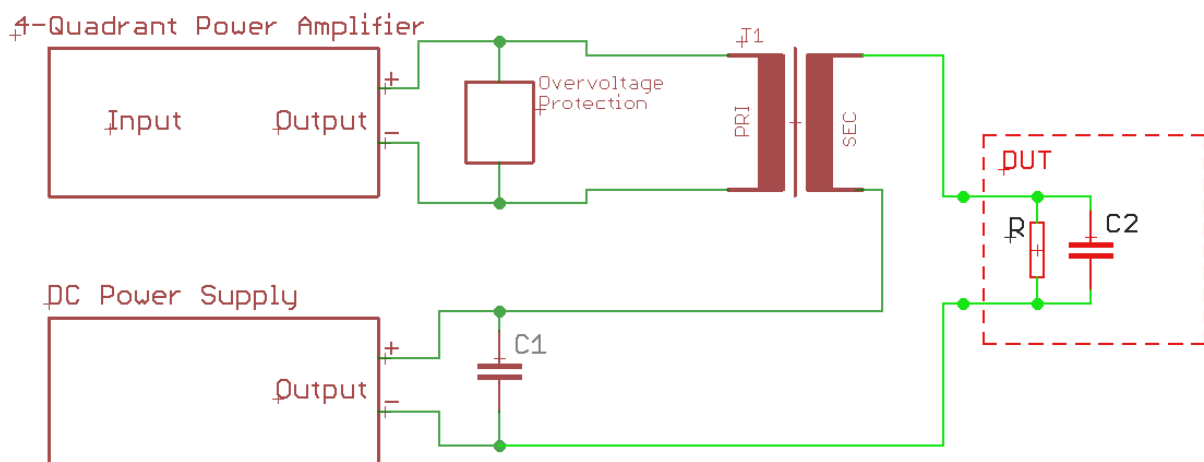


Figure 4: DC Source + AC Source + Coupling Transformer

Für das Beispiel wurden die folgenden Betriebsparameter gewählt:



$U_{dc}=400\text{ V}$, $C1=100\text{ }\mu\text{F}/1\text{ kV}$,
 $R=100\text{ }\Omega$, $C2=7,5\text{ }\mu\text{F}/1,2\text{ kV}$

Es standen zwei verschiedene Transformatoren zur Verfügung:

Der „Klassiker“ T1-A: $L_s=1\text{ mH}$, $L_p=4\text{ mH}$, $I_{max}=50\text{ A}$ dc

Der „Neue“ T1-B: $L_s=20\text{ }\mu\text{H}$, $L_p=80\text{ }\mu\text{H}$, $I_{max}=50\text{ A}$ dc

4-Quadranten-Verstärker: **HUBERT A1110-16-E**

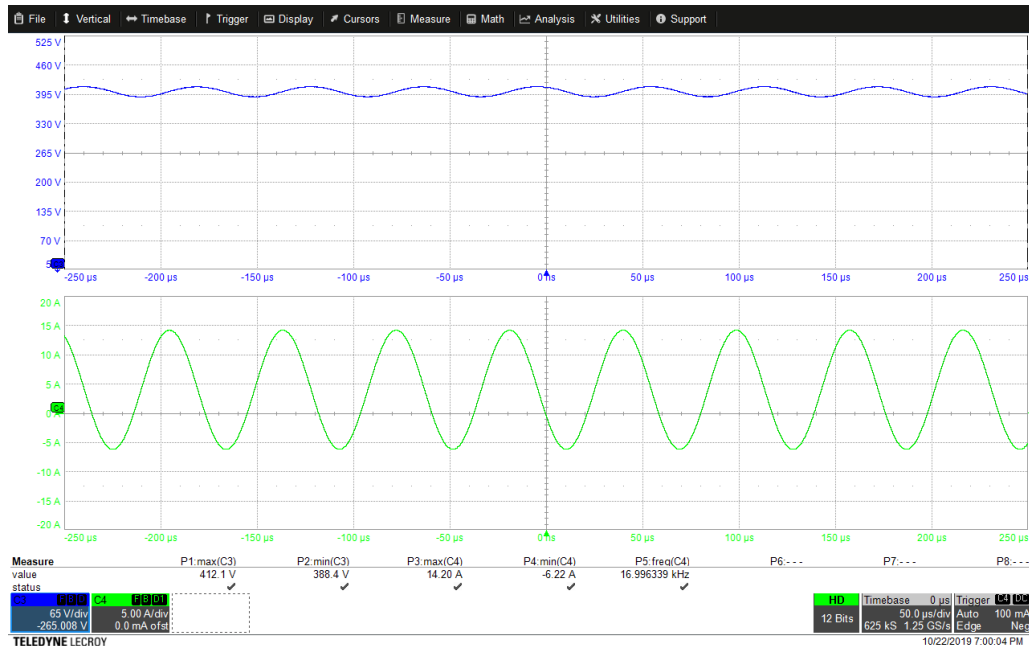


Figure 5: C3:U_load; C4:I_load; T1-A

Die Figure 5 zeigt die zeitlichen Verläufe von Spannung und Strom an der Last bei 17 kHz. Die geforderte Rippelspannung von 24 V_{pp} mit Transformator T1-A eingekoppelt wird erreicht. Der Laststrom hat erwartungsgemäß kapazitiven Charakter (voreilend).

Der 4-Quadranten-Leistungsverstärker arbeitet an einer induktiven Last. Die Leistungsdaten in allen 4 Quadranten sind bei der Dimensionierung zu beachten (siehe auch WP-1 Hubert 4-Quadranten Verstärker).

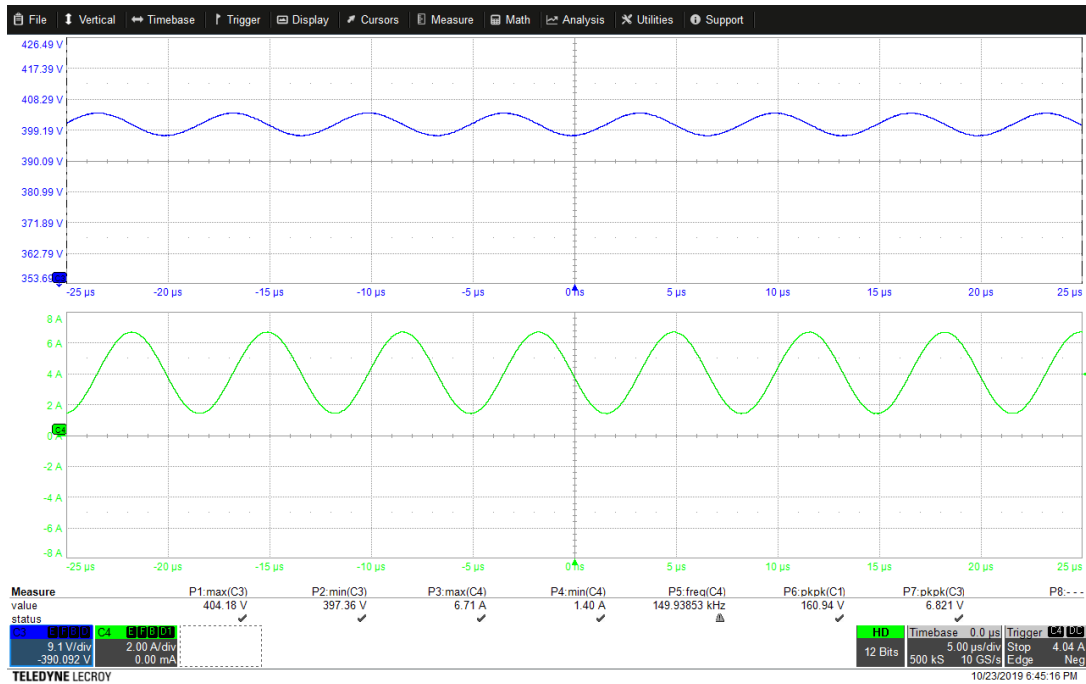


Figure 6: C3:U_load; C4:I_load; T1-A

Bei 150 kHz wird die geforderte Rippelspannung von $8 V_{pp}$ jedoch nicht erreicht, der AC-Verstärker liefert mit $160 V_{pp}$ bereits seine maximale Ausgangsspannung. Hier kommen die typischen Trafoeigenschaften (z.B. frequenzabhängige Ausgangsimpedanz) ins Spiel und beeinflussen ungünstig die Signalverarbeitung. Der Strom ist, auch bedingt durch die gesamte Verkabelung induktiv, der Testaufbau zeigt diverse frequenzabhängige Resonanzstellen.

Deutlich erfolgreicher gelingt die Spannungseinkopplung im oberen Frequenzband mit dem Trafo T1-B.

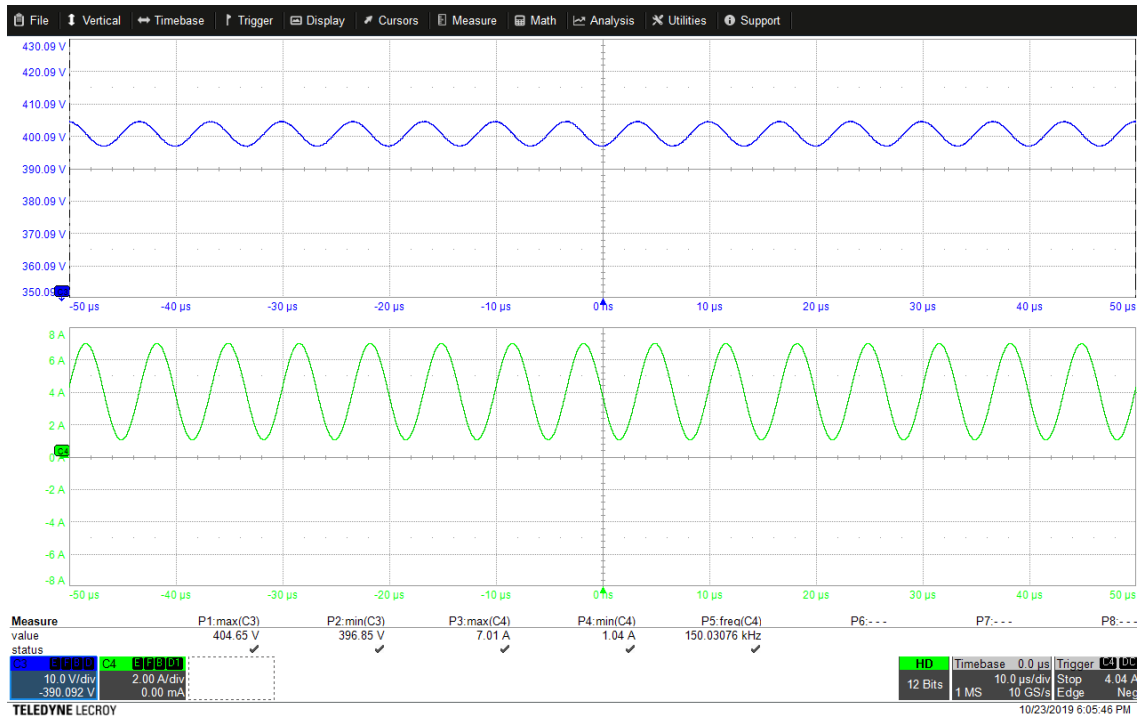


Figure 7: C3:U_{load}; C4:I_{load}; T1-B

Die Figure 7 zeigt, dass die geforderte Rippelspannung (8 V_{pp}) bei 150 kHz erreicht wird und der AC-Verstärker dafür nur knapp 100 V_{pp} benötigt (Figure 8, C1).

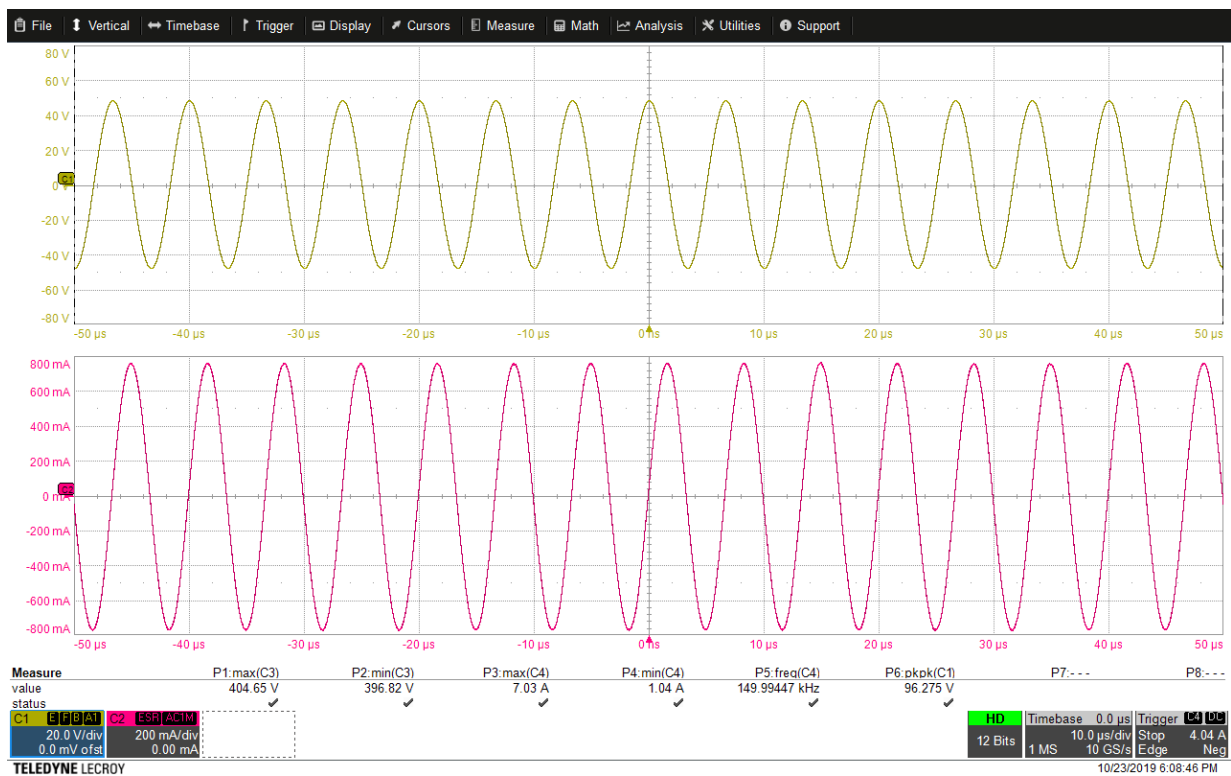


Figure 8: A1110-16-E, C1:U_{mon}; C4:I_{mon}; T1-B



Fazit: Der „2-Wege-Einkoppeltrafo“, mit Trafo T1-A für das Frequenzband von 15 Hz bis ca. 5 kHz und Trafo T1-B von 5 kHz bis 150 kHz, ist ein probater Ansatz für die erfolgreiche Einkopplung breitbandiger Wechselspannung.

3.2 AC-Quelle und DC-Quelle in Reihenschaltung

Ein anderer Ansatz zur Einkopplung einer Wechselspannung in ein Hochvolt-Bordnetz ist die Reihenschaltung von DC-Quelle und AC-Quelle.

Die Figure 9 zeigt den Testaufbau:

Die DC-Quelle versorgt einen, auch in diesem Beispiel reaktiven, Prüfling mit der nötigen Gleichspannung und der in Reihe geschaltete HUBERT Leistungsverstärker liefert die geforderte Wechselspannung (AC-Quelle). Auf weitere je nach Norm aufgeführten Netzwerke in den Zuleitungen wurde der Einfachheit halber verzichtet. Wichtig hierbei ist die galvanische Trennung der Quellen und ein Schutz gegen eine mögliche Überspannung am Ausgang des Leistungsverstärkers. Der Kondensator C1 führt den Ripplestrom am DC-Netzteil vorbei.

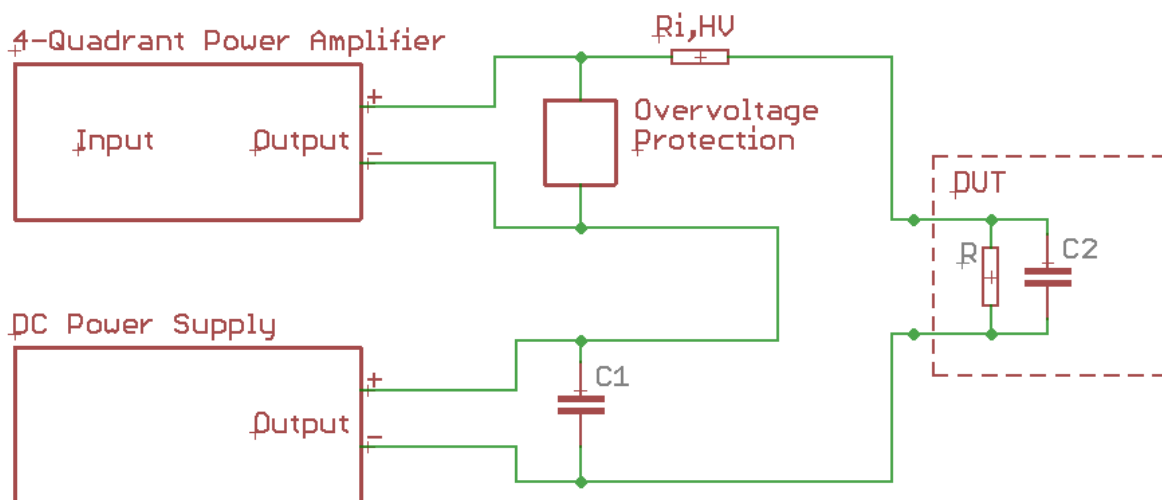


Figure 9: DC Source + AC Source

Für das Beispiel wurden die folgenden Betriebsparameter gewählt:

$U_{dc}=400\text{ V}$, $C1=100\text{ uF}/1\text{ kV}$,

$R=100\text{ Ohm}$, $C2=7,5\text{ uF}/1,2\text{ kV}$

4-Quadranten-Verstärker-System: **HUBERT A1500-70-16**

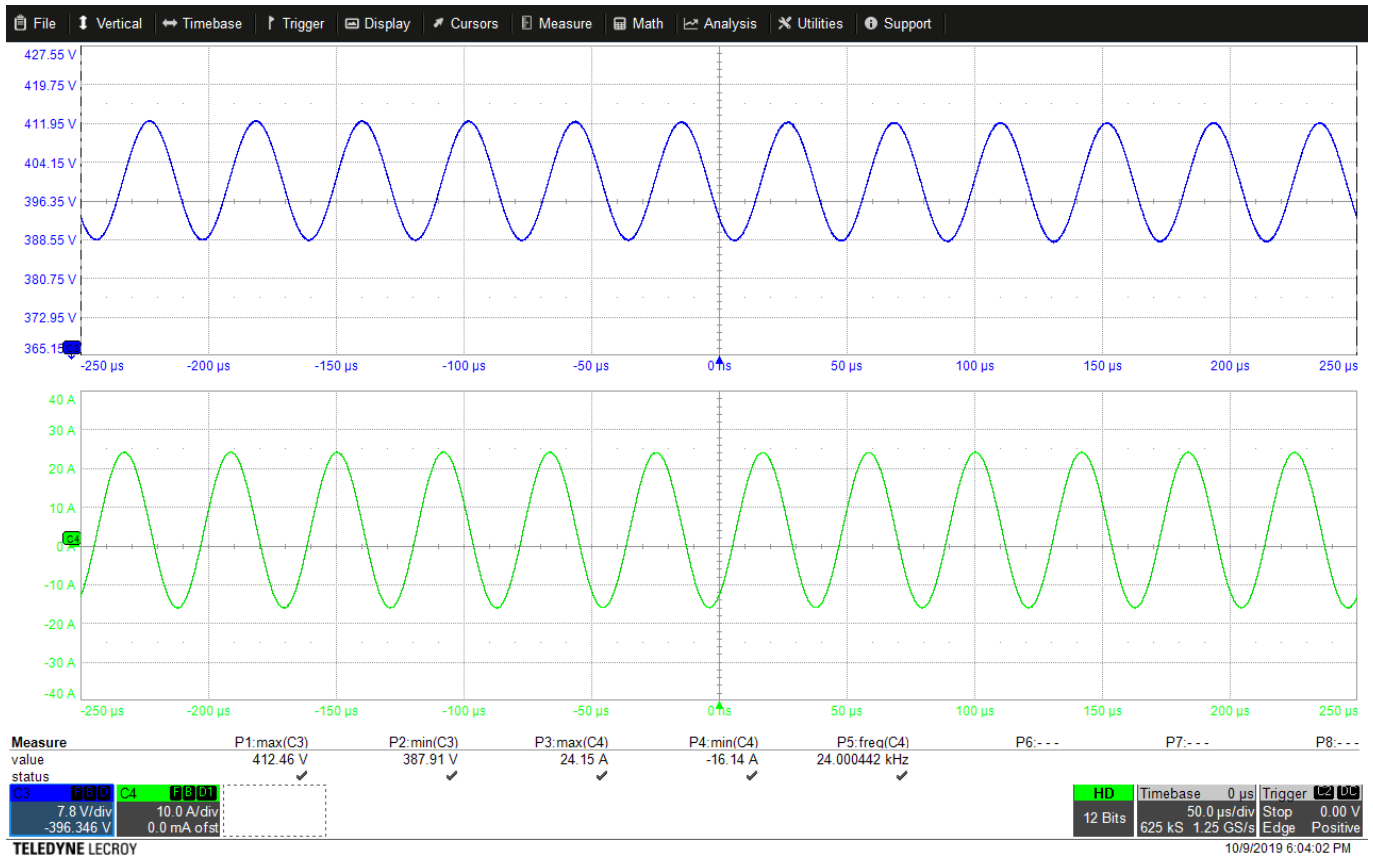


Figure 10: C3:U_{load}; C4:I_{load};

Die Figure 10 zeigt den zeitlichen Verlauf von Spannung und Strom am Prüfling bei 24 kHz. Bei dieser Frequenz wurde der maximale Rippelstrom erreicht. Signifikant ist auch hier der Polaritätswechsel des Laststroms, der bei der AC-Quelle zu einem Wechsel von Quellen- und Senkenbetrieb führt.

Die Leistungsfähigkeit des Leistungsverstärkers im 4. Quadranten (positive Ausgangsspannung und negativer Ausgangsstrom) ist hier gefragt.

Prinzipiell sind die Anforderungen an den 4-Quadranten-Leistungsverstärker vergleichbar mit denen im Abschnitt 3.2. Nur das hier ein DC-Netzteil zur Anhebung der Betriebsspannung des DUT in Reihe geschaltet wird und der AC-Verstärker somit auch den DC-Strom führen muss. Das allerdings bei kleineren Ausgangsspannungen. Ein genauer Blick in das Diagramm Ausgangsstrom über Ausgangsspannung ist bei der Dimensionierung des Verstärkersystems absolut notwendig.

Der Vorteil der Reihenschaltung von DC- und AC-Quelle gegenüber dem klassischen Testaufbau mit Einkoppeltrafo ist die Unabhängigkeit von der Signalfrequenz. Weiterhin müssen die typischen Eigenschaften von Transformatoren wie Sättigung, Streuinduktivität und frequenzabhängige Ausgangsimpedanz nicht berücksichtigt werden.

Nachteil: Eine galvanische Trennung der AC-Quelle und ein Schutz vor Überspannung ist unbedingt erforderlich.



4 Zusammenfassung

Für die Prüfungen elektrischer und elektronischer Komponenten in Kraftfahrzeugen werden schnelle Leistungsquellen zur Simulation der Bordnetzwelligkeit benötigt. Die aufmodulierten Störsignale stellen hohen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Testsystems.

Die obigen Beispiele zeigen: Die breitbandigen HUBERT 4-Quadranten-Leistungsverstärker sind eine gute Wahl für die erfolgreiche Bordnetzsimulation. Sie liefern unabhängig von der Betriebsspannung des Bordnetzes und der Last zuverlässig die benötigten Prüfspannungen in der geforderten Geschwindigkeit.

Welches Verstärkermodell oder Verstärkersystem (siehe auch White Paper No. 6: Mehr Spannung und Strom) zum Einsatz kommt, ist in erster Linie von der benötigten Leistung, insbesondere im vierten Quadranten und vom erforderlichen Laststrom bzw. Ripplestrom abhängig.

Bei der Konzeptionierung ihres Prüfplatzes sind wir Ihnen gerne behilflich.

Haben Sie Fragen zu dieser oder anderen Applikationen?
Wir beraten Sie gerne telefonisch oder per E-Mail.



5 Kontakt

Dr. Hubert GmbH
Dietrich-Benking-Str. 41
44805 Bochum
Tel. +49 234 970569-0
Fax. +49 234 970569-29
sales@drhubert.de

Für weitere Informationen besuchen Sie bitte unsere Website unter www.drhubert.de.

6 Dokumentenhistorie

Revision	Datum	Änderung
1.0	November 2019	Erste Veröffentlichung