PRODUCTION PARTNER

FACHMAGAZIN FÜR VERANSTALTUNGSTECHNIK

TEST AUS AUSGABE **2 I 2023**

8-KANALIGE ENDSTUFE MIT DSP

Powersoft Unica 8K8

8-KANALIGE ENDSTUFE MIT DSP

Unica 8K8

Unica bietet als neue Generation achtkanaliger Powersoft-Endstufen mit Gesamtleistungen von 2 bis 16 kW. Sie verfügt über die neuste und leistungsfähigste Powersoft-DSP-Plattform und wird über die Software ArmoniaPlus konfiguriert und kontrolliert. Mit Unica führt Powersoft auch die Cloud-Plattform „Universo“ ein, die den Fernzugriff via Internet ermöglicht.

Text und Messungen: Anselm Goertz | Fotos: Anselm Goertz

Achtkanalige Verstärker etablieren sich sowohl für Festinstallationen wie auch für den mobilen Einsatz als neuer Standard: Dank moderner Class-D-Endstufen, einer geschickten Leistungsverteilung und integrierter DSP-Systeme kann mit aktueller Technik eine sehr hohe Leistungsdichte erreicht werden. Powersoft darf dabei sicherlich als einer der Pioniere kompakter Hochleitungsverstärker genannt werden, die seit der Firmengründung 1995 in Florenz als einer der wenigen unabhängigen Hersteller von professionellen Endstufen eine bemerkenswerte Karriere gemacht haben.

Gehäuse mit nur 1 HE sind dabei (bis auf wenige Ausnahmen) eines der Markenzeichen von Powersoft. Das aktuelle Portfolio beinhaltet neben einer ganzen Reihe von Verstärkermodulen für den Einbau in Lautsprechern zwei Baureihen Touring-Endstufen und fünf für den Installationsmarkt. Mit den Unica-Modellen werden nun zur diesjährigen ISE Ende Januar 2023 drei neue primär für den Installationsmarkt gedachte achtkanalige Endstufen mit den Typenbezeichnungen 2K8, 4K8 und 8k8 vorgestellt. Die verfügbare Gesamtleistung entspricht jeweils der Typenbezeichnung mit 2 kW, 4 kW und 8 kW.

Abgesehen von den der Achtkanalversionen gibt es zusätzlich drei vierkanalige Modelle mit nochmals höheren Leistungen (9K, 12K und 16K). Zum Test gestellt wurde uns direkt aus der Entwicklungsabteilung im Headquarter nahe Florenz die 8k8 als eins der allersten Muster.

Mehr als nur acht Kanäle: Cloud & Swap

Wer jetzt denkt, „ok, schon wieder eine achtkanalige Endstufe“, übersieht aber, was sich sonst noch alles in den unscheinbaren Geräten verbirgt.

Die Funktion der Endstufe in einer Beschallungsanlage hat in den letzten drei Jahrzehnten einen deutlichen Wandel vollzogen. Von der großen schweren Kiste, die sich primär über ihre Leistungswerte (und nicht selten auch über ihr Gewicht) definierte, hin zur smarten Zentrale in einer Lautsprecheranlage. Eingebunden in ein Netzwerk steuert, kontrolliert, optimiert und schützt sie alles, was mit den Lautsprechern zu tun hat. Wo man früher zur Bedienung bestenfalls eine Gain-Einstellung und vielleicht noch einen Einschub für Filterkarten fand, kommen heute umfangreiche Softwarepakete zum Einsatz. Sie beinhalten alle nur erdenklichen Funktionen und geben dem User die Möglich-

Große Bandbreite der Serie mit vier- und achtkanaligen Modellen

keit, auch große Installationen einfach zu bedienen und zu überblicken.

Über die bekannten Funktionen der Software ArmoniaPlus hinaus stellt Powersoft mit den Unica-Modellen zwei weitere Neuerungen vor: Die Powersoft-Cloud „Universo" und eine Easy-Swap-Funktion. Mit der Universo-Cloud-Anbindung kann die Bedienung, Überwachung und Fehleranalyse von beliebiger Stelle aus via Internet-Verbindung erfolgen, was speziell für Festinstallationen ein großer Vorteil ist. Eine schnelle Änderung oder der Blick ins System, wenn was nicht geht, sind so direkt möglich, ohne selbst vor Ort sein zu müssen.

Easy Swap

Easy Swap hilft dann, wenn tatsächlich ein Defekt an einer Endstufe auftritt. Sofern ein USB-Stick am rückseitigen USB-Port angeschlossen ist, sichert die Endstufe kontinuierlich ein Backup ihrer Konfiguration darauf zu kopieren – inklusive der gerade eingesetzten Firmware. Muss die Endstufe wegen eines Defektes ersetzt werden, kann das komplette Backup ebenfalls über den USB-Port vom Stick in einfacher Weise auf das Ersatzgerät übertragen werden. Falls erforderlich, wird dabei auch die Firmware auf den passenden Stand gebracht. Der Vorgang ist so einfach auszuführen, dass er auch von nicht technisch geschulten Personen ausgeführt werden kann, womit eine mögliche Ausfallzeit merklich verkürzt wird.

Low-Z und 100 V

Die Endstufe liefert unabhängig vom Modell eine maximale Ausgangsspannung von 160 V_{pk}. Der maximale Ausgangsstrom beträgt 30, 40 oder 48 A_{pk}. Die maximale Ausgangsspannung qualifiziert die Endstufe für den direkten Betrieb (Direct Drive) ohne Übertrager in einem 100-Volt-System. Die hohen Ausgangsströme erlauben aber auch den niederohmigen Betrieb (Low-Z) bis zu 2 Ω hinab.

Die maximale Ausgangsleistung der 8k8 pro Kanal beträgt 2000 W, die jedoch nur dann zur Verfügung stehen, wenn nicht alle Kanäle gleichzeitig belastet werden. Die Begrenzung der maximalen Ausgangsleistung erfolgt neben dem maximalen Strom und der maximalen Ausgangsspannung der Endstufe vor allem durch das Netzteil, das nur eine bestimmte Gesamtleistung über einen definierten Zeitraum liefern kann. Hinzu kommen noch weitere limitierende Randbedingungen wie die SOA (Save Operation Area) der Leistungshalbleiter oder die maximale Belastung des Stromnetzes. Beispielsweise, wenn sich mehrere Endstufen eine 16-Ampere-Phase teilen müssen oder die Endstufe in einem 110-Volt-Netz läuft. Unabhängig davon kann die Endstufe mit Netzspannungen von 80 bis 265 V und einer Netzfrequenz von 50 bis 60 Hz betrieben werden. Details zu den Leistungswerten folgen im entsprechenden Absatz.

Ausstattung: Display, In/Out, Amping, PoE

Von außen betrachtet kommen die Unica-Endstufen im schlichten Design von 1 HE / 19" daher.

Neu für eine Powersoft-Installationsendstufe ist das kleine farbige Display in der Front, wo man sich mit zwei Tastern durch acht Infofenster bewegen kann, die Informationen zum Netzwerk, zum Stromnetz, zur Aussteuerung, den geladenen Setups und auch zu den Betriebsstunden liefern.

Die übrige Fläche der Front besteht aus einem Lochgitter mit hinterlegtem Schaum, durch das die Luft zur Kühlung angesaugt wird. Zur Reinigung kann das mit Magnetverschlüssen befestigte Gitter leicht abgenommen werden.

Der Anschluss ans Stromnetz erfolgt rückseitig über eine IEC-Kaltgerätebuchse (20 A). Mittig befinden sich an der Rückseite auch die Lautsprecherausgänge auf großen Phoenix-Anschlüssen PC 5/8, auf der rechten Seite gefolgt

Display an der Unica-Endstufe an dem sich die wichtigsten Informationen auch direkt am Gerät ablesen lassen

von den analogen Eingängen mit Phoenix MC 1,5/6. Ganz außen angeordnet drei Netzwerk-Anschlüsse RJ45 / 1 Gb für das Dante-/AES67-Netzwerk, die im Switched Mode oder redundant betrieben werden können.

Die mit ETH1 beschriftete Netzwerkbuchse trägt zudem das Kürzel „PoE" (Class 4), was einen bei einer Endstufe zunächst kurz stutzen lässt: Der Anschluss kann den internen DSP mit Strom versorgen, was beim Ausfall der Hauptstromversorgung alle DSP-Funktionen aufrecht erhält. Der Neustart gelingt dann sehr schnell in weniger als 0,5 s im Vergleich zu einem kompletten Neustart, der 10 s beansprucht. Zusätzlich ermöglichet die PoE-Versorgung (PoE++) auch noch die Überwachung der angeschlossenen Lautsprecher auch dann, wenn die Hauptstromversorgung abgeschaltet ist.

Unterhalb der Netzwerkbuchse gibt es noch einen USB3-Anschluss und eine USB-Typ-A Buchse für den Easy-Swap-USB-Stick.

Ein Blick unter die Haube der Unica-Endstufe fördert dicht gepackte Elektronik zu Tage. Das vordere Drittel des Gehäuses wird vom Netzteil belegt. Danach folgt eine Trennwand, die mit acht kleinen Lüftern komplett belegt ist. Die von der Frontseite durch das Netzteil angesaugte Luft wird im Rahmen eines neuen Thermo-Designs durch ein die komplette Breite des Gehäuses belegendes Kühlprofil gedrückt. Die Luft strömt dann vorbei an den Ausgangsfiltern und Endstufen sowie dem Netzfilter und dem DSP-System durch die Rückseite wieder ins Freie.

Wichtig für die Haltbarkeit der Endstufe ist die Strömungsrichtung, so dass die kühle Außenluft zunächst die Netzteilelkos umströmt und sich dann erst in den Kühlprofilen aufheizt. Die Elkos werden so vor einer vorzeitigen Alterung durch hohe Temperaturen geschützt.

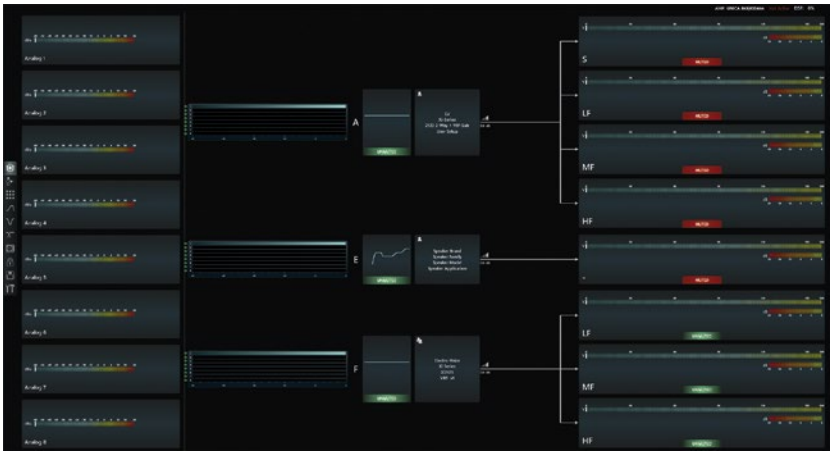
Unter einem Kühlprofil in der hinteren Ecke des Gehäuses verbirgt sich das DSP-System, flankiert von der analogen Eingangsplatine mit zwei vierkanaligen ADCs AKM5534 und mehreren Low-Distortion-Operationsverstärkern Ti OPA1679.

Insgesamt kommt man hier mit dem Konzept auf ein sehr geringes Gewicht in Bezug auf die Anzahl der Kanäle / die erreichte Leistungsdichte.

ArmoniaPlus: Matrix und Filter

Alle Funktionen der Powersoft-Endstufen sind über die System Manager Software ArmoniaPlus zugänglic,. Hier können komplette Systeme konfiguriert und gemanagt, aber auch Setups für Lautsprecher neu erstellt oder bearbeitet werden. Welche umfangreichen Funktionen für Entwickler und Lautsprecherhersteller in ArmoniaPlus zur Verfügung stehen, kann an dieser Stelle nicht komplett erläutert werden. In Stichworten sind das: Raised-Cosine-Filter in mehreren Ebenen, X-Over-Filter aller Art mit bis zu 48 dB/Oct Steilheit, phasenlineare FIR-Hoch- und Tiefpässe, Peak- und RMS-Limiter für die Ausgangsspannung, Strom und Leistungsbegrenzer sowie reichhaltige Schutz- und Kontrollfunktionen inklusive einer Messung der Lastimpedanzen mit Referenzwertvergleich.

Öffnet man im Design-Modus von ArmoniaPlus eine Endstufe, dann wird die gesamte Signalverarbeitung als Blockschaltbild (Abb. 1) gezeigt. Die acht Eingangskanäle können



Blockschaltbild ArmoniaPlus 8-kanalige Unica Endstufe in der Software (Abb. 1)

ihr Signal analog oder über das Dante/AES67-Netzwerk empfangen. Dabei kann eine Backup-Strategie mit drei Fallback-Ebenen angelegt werden, die entweder über den Signalpegel oder Pilottondetektion gesteuert werden. Die analogen und digitalen Eingänge können zueinander mit Delay und Gain angepasst werden, sodass ein Übergang ohne Sprungstelle möglich wird.

ArmoniaPlus User-EQ mit Raised-Cosine-Filtern, es stehen in jedem Kanal drei unabhängige Layer zur Verfügung (Abb. 2)

Speaker-EQ mit 16 IIR-Filtern, X-Over-Funktionen und optionalen FIR-Filtern, die vom User mit maximal 2048 Taps bei 48 kHz Samplerate geladen werden können (Abb. 3)

Im nächsten Block folgt eine komplette Matrix 8 × 8, mit der die acht Eingänge beliebig auf die acht Ausgänge gemischt werden können. In Abb. 1 werden von den acht Eingangswegen nur drei weiter genutzt, da die in den Ausgängen geladenen Lautsprecher Settings ein 4-Wege- und ein 3-Wege-Setup enthalten, die jeweils nur einen Eingang beanspruchen.

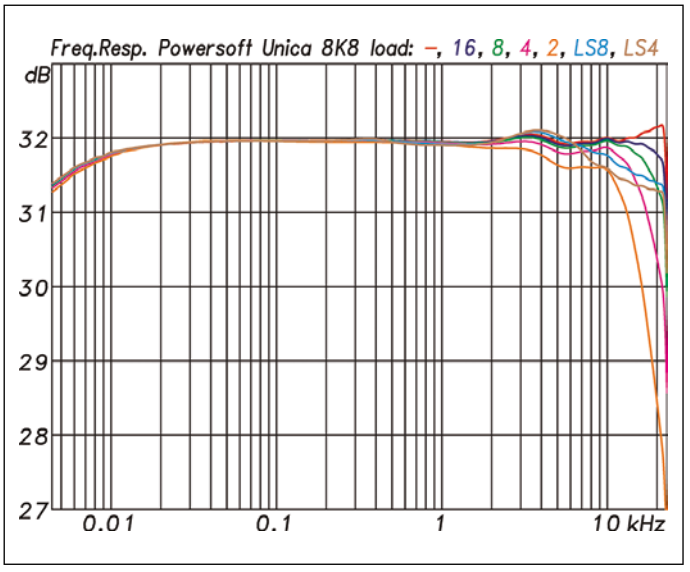
Danach folgt in den Eingangswegen eine Filterbank mit Raised-Cosine-EQs (Abb. 2) in drei Ebenen. Dieser Filtertyp bietet ein Maximum an Flexibilität, kombiniert mit einer anschaulichen grafischen Möglichkeit der Einstellung. Die drei Ebenen bieten zudem die Möglichkeit diese für unterschiedliche User-Level zugänglich zu machen. Zum Bespiel eine Ebene für das Hersteller Setup, eine für die Einmessung und eine für die tägliche Anwendung.

Für die eigentlichen Lautsprecher-Setups gibt es entweder vorgefertigte Einstellung für viele Modelle der bekannten Hersteller oder man erstellt selbst welche, wofür mit IIR- und FIR-Filtern reichlich Funktionen bereitstehen (Abb. 3). Die Custom-FIR-Filter können bei 48 kHz Abtastrate maximal 2048 Koeffizienten pro Kanal verarbeiten, womit sich schon fast alle Wünsche erfüllen lassen.
Am Ende der Signalkette folgen noch die Limiter (Abb. 4), die jeweils separat konfigurierbar die Funktionen RMS-, Peak- und Clip-Voltage, RMS-Current, True-Power und jetzt neu hinzugekommen noch einen pegelgesteuerten dynamischen EQ beinhalten. Abschließend folgt noch das Diagnostic-Modul mit Impedanzmessung und Pilottonüberwachung.

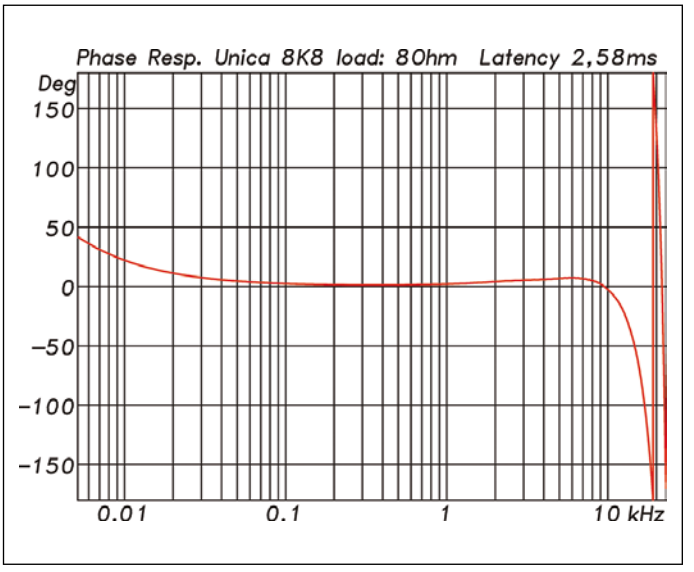
Messwerte: Frequenz-/Phasengang

Beginnen wir mit der Frequenzgangmessung der Unica 8k8 in Abb. 5 mit mehreren Kurven in Abhängigkeit von der Last. Die Verstärkung bei Nutzung der analogen Ein-

Detaillierte Limiterfunktionen mit RMS-, Peak- und Clip-Limiter sowie einem Strom- und True-Power-Limiter. Zusätzlich gibt es noch einen dynamischen EQ, das Gain des Filters wird durch den Signalpegel gesteuert (Abb. 4)



Frequenzgänge gemessen mit verschiedenen Lasten von 2, 4, 8 und 16 Ω, ohne Last und mit typischen Lautsprecherimpedanzen für 4 Ω und 8 Ω Nennimpedanz. (Abb. 5)



Phasengang gemessen mit einer 8-Ω-Last. Die Grundlatenz beträgt 2,58 ms (Abb. 6)

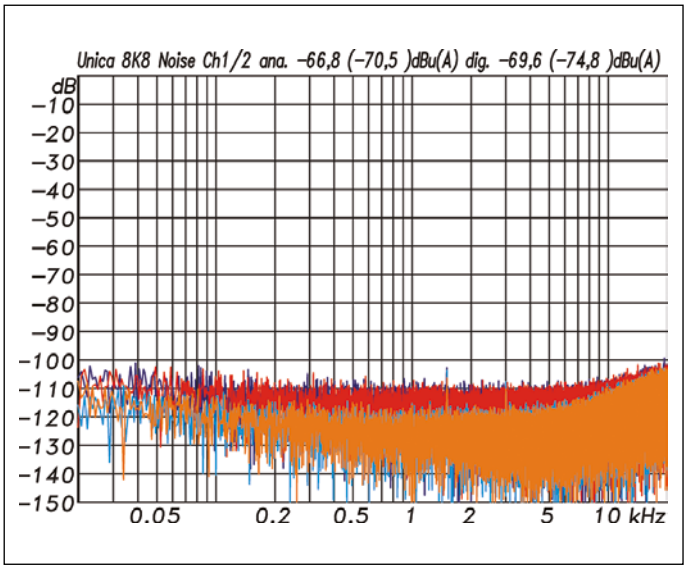
gänge mit sehr guter CMRR liegt bei 32 dB. Bedingt durch das Schaltungskonzept einer Class-D-Endstufe mit passiven Tiefpassfiltern in den Ausgängen kommt es abhängig von der Last zu mehr oder weniger starken Schwankungen im Frequenzgang am oberen Ende des Übertragungsbereiches.

Je niedriger die Impedanz der Last ist, umso stärker fällt die Kurve zu hohen Frequenzen hin ab. Relevant wird das, wie man an den Kurven aus Abb. 5 sieht, jedoch erst bei einer 2- oder 4-Ω-Last. Reale Lautsprecher haben jedoch meist eine zu den hohen Frequenzen hin ansteigende Impedanz, was den Effekt abschwächt. Die Messungen mit realen 4- und 8-Ohm-Lautsprecherimpedanzen lassen nur einen Pegelverlust von 0,6 dB bei 20 kHz erkennen, der getrost als vernachlässigbar gelten darf. Etwas stärker machen sich die Ausgangsfilter im Phasengang (Abb. 6) bemerkbar, wo sich der Verlauf oberhalb von 10 kHz um 360° dreht. Für die Darstellung des Phasengangs in Abb. 6 wurde die Grundlatenz der Endstufe von 2,58 ms abgezogen.

Dynamikumfang

Für die Berechnung des Dynamikumfangs ist zunächst die maximale Ausgangsspannung zu bestimmen. Diese liegt für die Modelle 2K8, 4K8, and 8K8 bei 160 V_{pk} und somit bei ca. 43,3 dBu. Dem gegenüber steht der an den Ausgängen zu messenden Störpegel, der einmal bei Nutzung der analogen Eingänge und einmal mit digitalen Eingängen gemessen wurde. Die analogen Eingänge wurden dazu mit einem 200-Ω-Widerstand abgeschlossen. Der so gemessene Störpegel lag bei 66,8 dBu unbewertet und bei 70,5 dBu mit A-Bewertung. Nach der Umschaltung auf die digitale Signalzuspielung verbesserten sich die Werte auf sehr gute 69,6 dBu und -74,8 dBu(A). Legt man den A-bewerteten Störpegel zu Grunde, dann wird ein sehr guter Störabstand von knapp 114 dB analog und 118 dB bei digitaler Signalzuspielung erreicht. Die zugehörigen Störspektren aus Abb. 7 zeigen die Messung mit analogen und digitalen Eingängen. Monofrequente Komponenten, die besonders störend sein können, gibt es hier keine. Die Messung des Dämpfungsfaktor aus Abb. 8 zeigt den typischen Verlauf moderner Class-

Phoenix-Stecker für die Ein- und Ausgänge, drei Netzwerkanschlüsse inkl. Dante/AES67-Interface sowie GPIO-Kontakte und Status-Abfrage

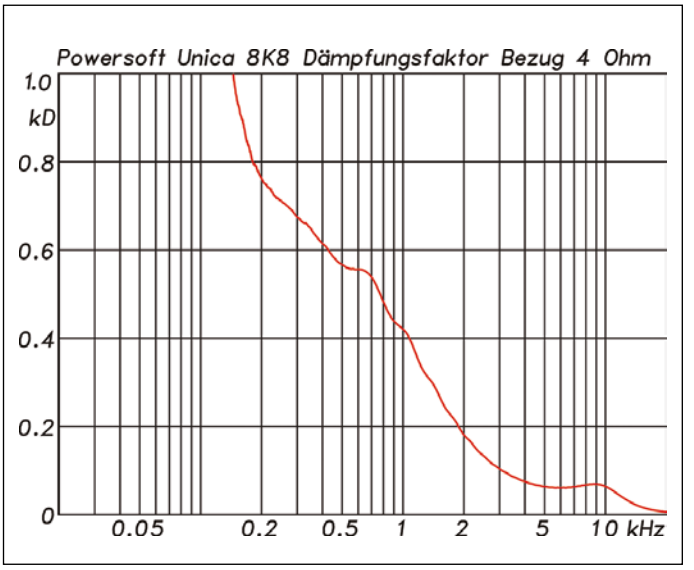


Störpegel am Ausgang exemplarisch für Kanal 1 und 2 gemessen. Bei Nutzung der analogen Eingänge beträgt der Störpegel -66,8 dBu bzw. 70,5 dBu(A). Mit digitaler Zuspielung liegen die Werte bei 69,6 dBu bzw. -74,8 dBu. Dem gegenüber steht ein maximaler Signalpegel von 43,3 dBu (Abb. 7)

D-Endstufen, die bei tiefen Frequenzen etwas überkompensiert sind und so teilwiese bereits einen negativen Innenwiderstand aufweisen. Zu den höheren Frequenzen hin fällt die Kurve dann ab. Es wird jedoch auch bei 10 kHz immer noch ein Wert von 70 erreicht. Erst zu noch höheren Frequenzen bricht die Kurve dann ein, da sich hier das Ausgangsfilter bemerkbar macht.

Wichtig ist ein hoher Dämpfungsfaktor jedoch vor allem bei tiefen Frequenzen, wo der Lautsprecher eine gute Kontrolle durch den Verstärker benötigt, um nicht zu lange auszuschwingen. Werte von 100 für die Endstufe sind in der Praxis schon mehr als hinreichend, da meist durch Kabel- und Kontaktwiderstände ohnehin noch größere Widerstände auf dem Signalweg entstehen.

Eine weitere Messung bei Class-D-Verstärkern ist die FFT-Analyse des Ausgangssignals mit einer sehr hohen Abtastrate. Abb. 8 zeigt eine solche Messung der Unica 8k8 mit einer Abtastrate von 2,5 MHz, dem höchsten Wert, der mit einem Audio-Precision-Analyser APx555 möglich ist. Bei dieser Art der Messung werden sowohl die Class-D-Schaltfrequenz wie auch mögliche Störungen innerhalb und auch außerhalb des Audiofrequenzbereiches sichtbar. Für die Messung in Abb. 8 wurde zusätzlich ein 1-kHz-Nutzsignal eingespeist. Die Amplitude des Nutzsignals am Ausgang betrug bei dieser Messung 10 V. Gut zu erkennen ist die

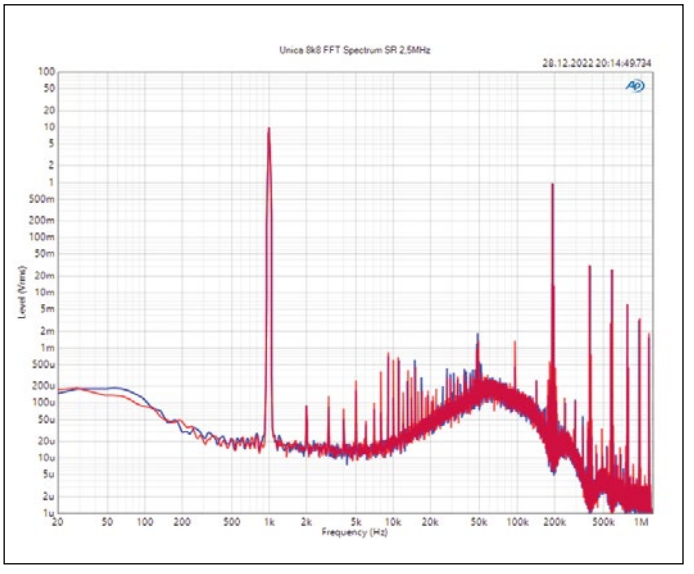


Dämpfungsfaktor bezogen auf 4 Ω exemplarisch für Kanal 1 gemessen (Abb. 8)

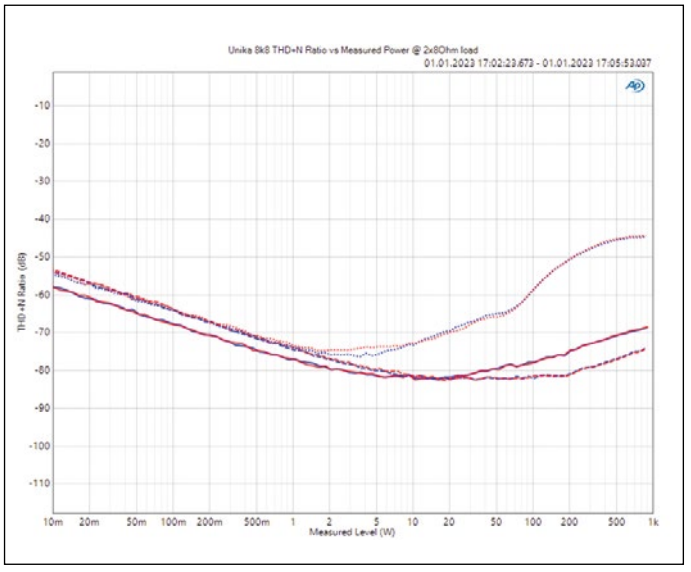
PWM-Schaltfrequenz bei 192 kHz mit einer Spannung von 1 V und deren ganzzahligen Vielfache bis knapp unter der Messgrenze bei 1 MHz.

Verzerrungswerte

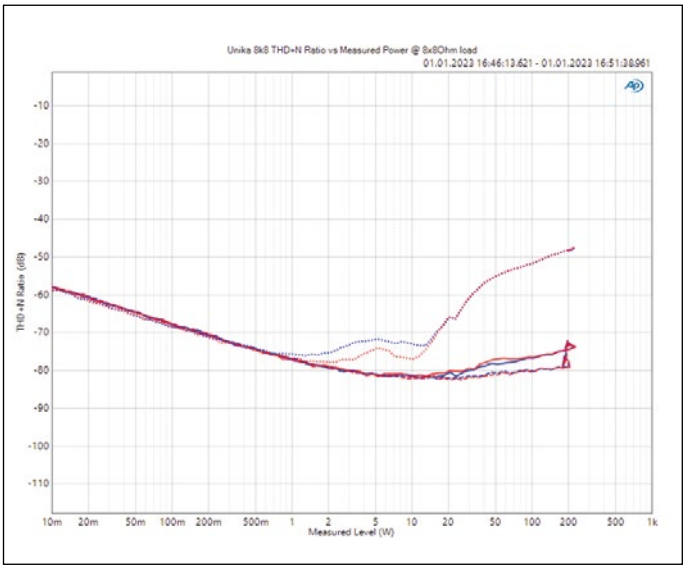
Drei weitere Messungen beschäftigen sich mit dem Verzerrungsverhalten des Verstärkers. Die Abb. 10-12 zeigen dazu



FFT-Spektrum des Ausgangssignals gemessen mit 2,5 MHz Samplerate. Bei 1 kHz erkennt man das Nutzsignal mit einer Spannung von 10 V. Reste der PWM-Schaltfrequenz in einer Größenordnung von 1 V finden sich bei 192 kHz und den ganzzahligen Vielfachen (Abb. 9)



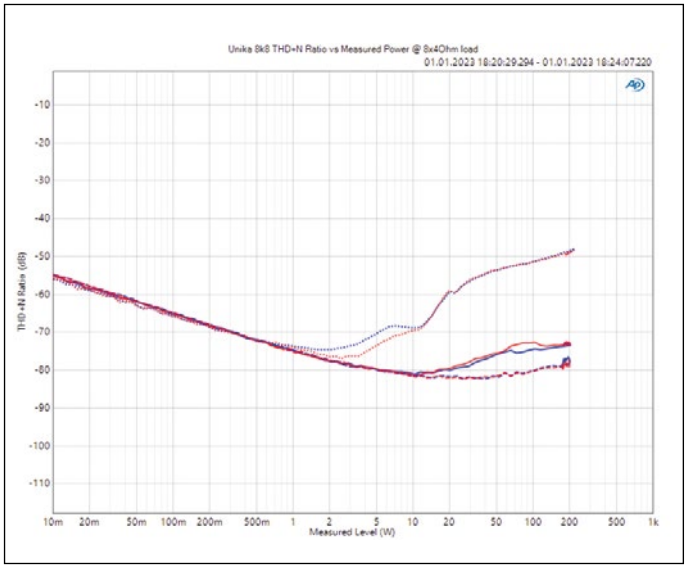
Verzerrungen (THD+N) in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung (x-Achse in W) an einer Last von 2 × 8 Ω. Messungen bei 100 Hz (- – -), 1 kHz (——) und 6,3 kHz (···). Bei 6,3 kHz steigen die Verzerrungswerte deutlich an (Abb. 10)



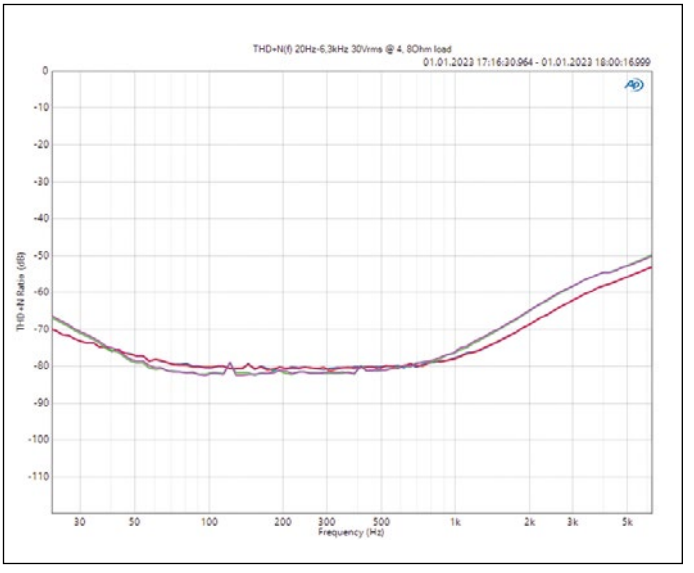
Verzerrungen (THD+N) in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung (x-Achse in W) an einer Last 8 × 8 Ω. Messungen bei 100 Hz (- – -), 1 kHz (——) und 6,3 kHz (···). Messung für Kanal 1 und 2 (Abb. 11)

die THD+N Werte in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung, gemessen bei Frequenzen von 100 Hz, 1 kHz und 6,3 kHz für eine Belastung mit 2 × 8 Ω sowie bei 8 × 8 Ω und 8 × 4 Ω bei gleichzeitigem Betrieb der acht Kanäle. Bei 100 Hz und 1 kHz liegen die Kurven in einer Größenordnung von -80 dB bis -70 dB (=0,03%). Bei 6,3 kHz liegen die THD+N Werte mit -50 dB bis -45 dB dagegen deutlich höher, wo man sich etwas weniger Verzerrungen wünschen würde.

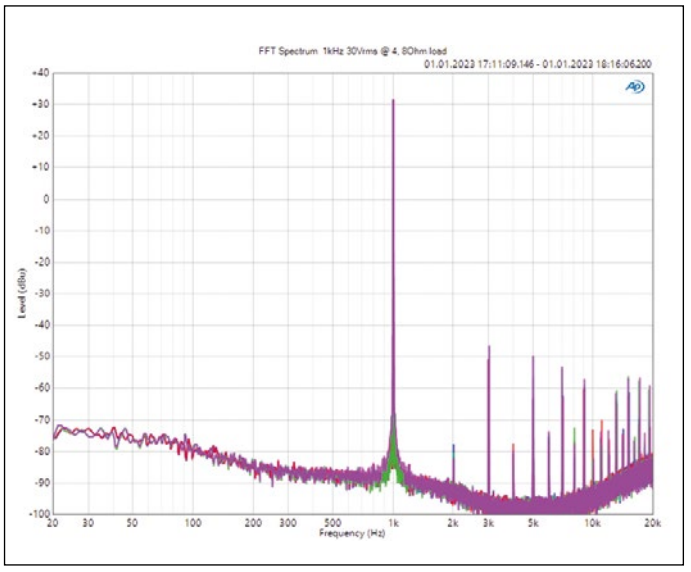
Weitere THD Kurven aus Abb. 13 wurden bei konstantem Pegel und einer Ausgangsspannung von 30 V_{rms} in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen. Die insgesamt vier Kurven zeigen zwei exemplarische Kanäle an 4- und an 8-Ω-Lasten.



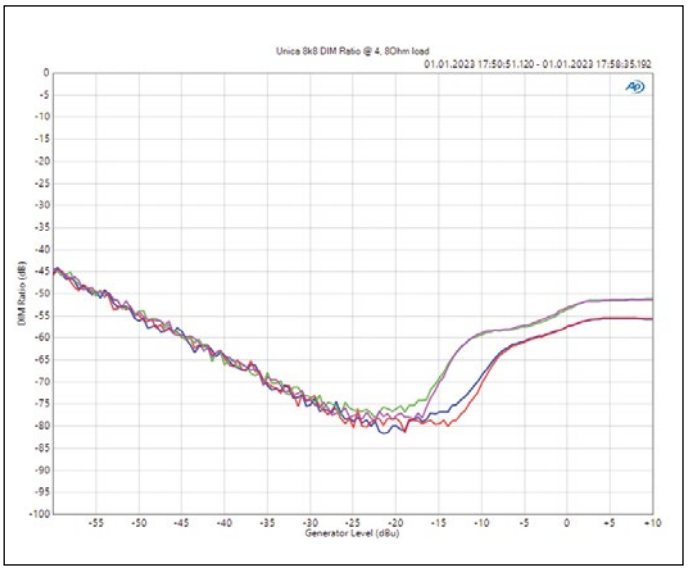
Verzerrungen (THD+N) in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung (x-Achse in W) an einer Last 8 × 4 Ω. Messungen bei 100 Hz (- – -), 1 kHz (——) und 6,3 kHz (···). Messung für Kanal 1 und 2 (Abb. 12)



Verzerrungen (THD+N) abhängig von der Frequenz exemplarisch für Kanal 1 und 2 bei 30 V_{rms} Ausgangsspannung an einer Last 4 Ω (rot, blau) und an 8 Ω (grün, lila) (Abb. 13)



Klirrspektrum exemplarisch für Kanal 1 und 2 bei 30 V_{rms} Ausgangsspannung an einer Last 4 Ω (rpt, blau) und an 8 Ω (grün, lila). Alle Verzerrungskomponenten liegen unterhalb von -80 dB (0,01%) und sind somit völlig unkritisch (Abb. 14)



Transiente Intermodulationsverzerrungen (DIM100) in Abhängigkeit vom Eingangspegel gemessen exemplarisch für Kanal 1 und 2 an einer Last 4 Ω (blau, rot) und an 4 × 8 Ω (grün, magenta) (Abb. 15)

Bei 1 kHz finden sich die bekannten Werte aus Abb. 11 und Abb. 12 wieder. Darüber hinaus zu höheren Frequenzen hin steigen die Verzerrungen gleichmäßig mit ca. 12 dB/Oct. an.

Ebenfalls für Lasten von 4 Ω und für 8 Ω wurde das Klirrspektrum bei 1 kHz aus Abb. 14 gemessen. Die Ausgangsspannung betrug wiederum 30 V_{rms} entsprechend 112 W an 8 Ω oder 225 W an 4 Ω. Die dominanten Verzerrungskomponenten sind ungerader Ordnung (k_3, k_5, …) und fallen zu den höheren Ordnungen hin gleichmäßig ab. Auffälligkeiten gibt es bei dieser Messung keine.

Als abschließende Verzerrungsmessung folgt noch die DIM-Messung (Dynamic Intermodulation Distortion, Abb. 15), bei der ein 15-kHz-Sinus mit einem steilflankigen 3,15-kHz-Rechteck überlagert wird. Ausgewertet werden die dabei entstehenden Intermodulationsprodukte. Diese Messung fördert vor allem Schwächen bei schnellen transienten Signalen zu Tage. Die steilen Flanken der Rechteckanteils fordern die Endstufe deutlich mehr als ein eingeschwungener Sinus bei der THD-Messung. Der DIM-Messung wird daher auch eine relativ große Bedeutung im Zusammenhang mit den klanglichen Qualitäten einer Endstufe zugeschrieben: Sobald hohe Ströme gefordert werden, steigen die transienten Verzerrungen häufig stark an, was hier nicht der Fall ist. An der Clip-Grenze, die bei ca. +3 dBu Eingangspegel (x-Achse) erreicht wird, liegen die Werte mit -55 dB bei einer 8-Ω-Last und mit -52 dB bei einer 4-Ω-Last.

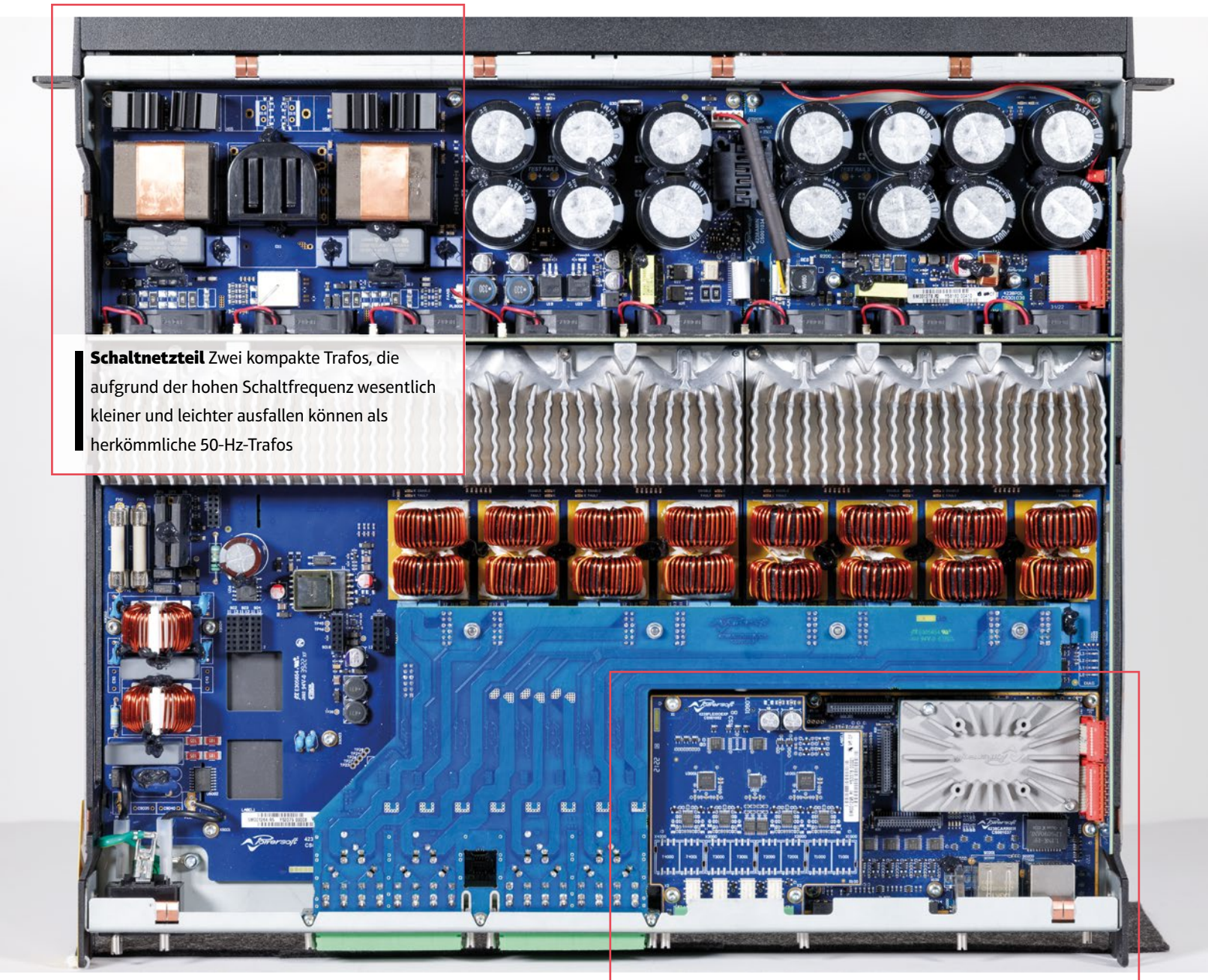
Leistungswerte

Die Leistungswerte betreffend gibt es speziell bei modernen Endstufen immer wieder Diskussionen, ob die Werte der Hersteller vergleichbar sind, nach welchem Standard gemessen wird und was denn nun letztendlich relevant ist. Den größten Einfluss auf die Leistungswerte, so viel ist eindeutig, hat die Signalform. Das kann im Extremfall ein dauerhaft anliegendes Sinussignal sein, ein mehr oder weniger langer Sinus-Burst oder auch ein Rauschsignal.

Ein wichtiger Kennwert für das verwendete Signal ist der Crestfaktor, der das Verhältnis vom Spitzenwert zum Effektivwert eines Signals beschreibt. Für einen Sinus liegt der Wert bei 3 dB, für eine nicht komprimiertes Pinknoise bei 12 dB. Musik und Sprachsignal haben in der Regel einen Crestfaktor zwischen 9 und 20 dB. Bei der Beurteilung der Messwerte ist genau das ein wichtiger Aspekt, da eine Endstufe primär Sprach- oder Musiksignale übertragen muss und keine dauerhaft anstehenden Sinussignale.

Man kann daher zwischen zwei Arten der Leistungsmessung unterscheiden: Sinussignale eignen sich zur Messung der dauerhaft möglichen Leistung. Burst- oder Rauschsignale eignen sich dagegen zur Messung, welche kurzzeitige Spitzenleistung möglich ist. Für eine Bewertung oder einen Vergleich sollte man daher möglichst beide Werte betrachten.

Bei vielkanaligen Endstufen, die aus einem Netzteil gespeist werden, kommt dann noch als weiterer Aspekt die



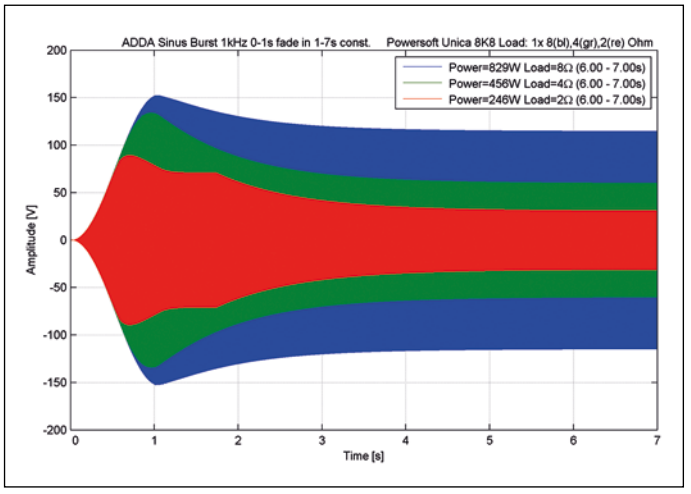
Schaltnetzteil Zwei kompakte Trafos, die aufgrund der hohen Schaltfrequenz wesentlich kleiner und leichter ausfallen können als herkömmliche 50-Hz-Trafos

Netzteil in der Unica 8k8 (oben), darunter die Kühlprofile mit acht kleinen Lüftern, gefolgt von den Ausgangsfiltern. Links unten das Netzfilter zur Unterdrückung von Störungen ins Stromnetz

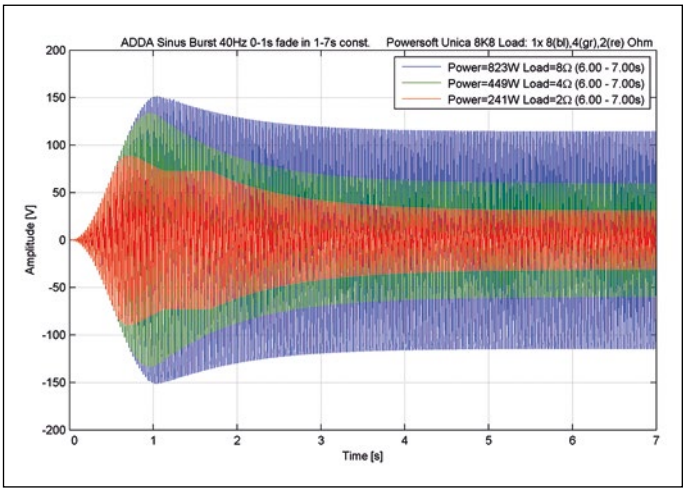
Analoge Eingangsplatine mit zwei vierkanaligen AKM5534 ADCs, rechts unter dem Kühlprofil der Powersoft-DSP

Lastverteilung dazu. Werden nur zwei von acht Kanälen voll ausgelastet und die anderen arbeiten mit geringerer Last, dann sind höherer Leistungswerte möglich als bei voller Auslastung aller Kanäle.

Mit der Unica 8k8 wurden daher im ersten Schritt Messungen mit Sinussignalen durchgeführt, an denen sich das auch zeitliche Verhalten gut ablesen lässt. Abb. 16 zeigt dazu das Ausgangssignal bei nur einkanaliger Belastung mit einer Last von 2, 4 oder 8 Ω. Das Netzteil wird durch die einkanalige Messung nicht ausgelastet, so dass man die Grenzwerte der Endstufe als solche erkennen kann. An der 8-Ω-Last wird die maximale mögliche Ausgangsspannung von 152 V_{pk} für den Burst von einigen ms erreicht. An 4 Ω sind es ca. 134 V_{pk} und an 2 Ω ca. 89 V_{pk}. Das entspricht Leistungswerten von 1440 W an 8 Ω, 2240 W an 4 Ω und 1980 W an 2 Ω. Nach einigen ms setzt eine Begrenzung ein mit der die Dauerleistung auf 829, 465 or 246 W reduziert wird. Führt man die Messung anstatt des 1-kHz-Sinus mit einem



Burstmessung mit 1-kHz-Sinus einkanalig für Lasten von 2 Ω, 4 Ω oder 8 Ω. Das Burstsignal wird innerhalb der ersten Sekunde eingeblendet, womit ein Überschwingen des Limiters verhindert wird (Abb. 16)



Burstmessung mit 40-Hz-Sinus einkanalig für Lasten von 2 Ω, 4 Ω oder 8 Ω (Abb. 17)

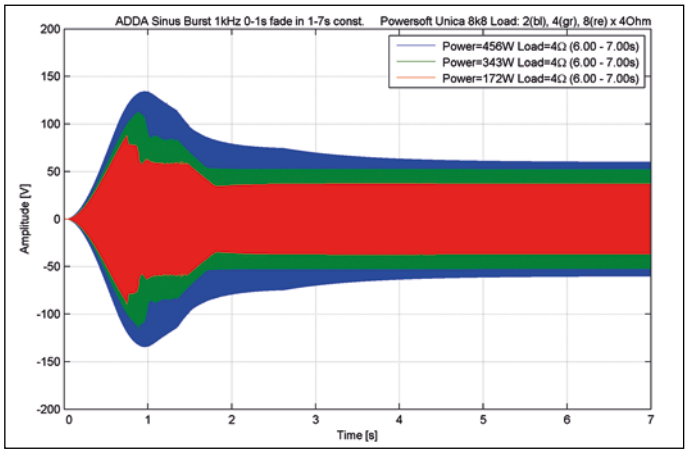
40-Hz-Sinussignal durch, dann bleiben die Werte weitgehend unverändert.

Für eine weitere Messung mit Sinussignalen wurden jetzt zwei, vier oder alle acht Kanäle mit dem gleichen Signal voll ausgesteuert. Die Last betrug dabei 4 Ω an allen Kanälen. Mit dieser Messung können vor allem die Grenzen des Netzteils getestet werden. Die Werte mit zwei belasteten Kanälen entsprechen unverändert denen mit nur einem Kanal. Für 1 s werden an 4 Ω 695 W erreicht. Mit vier Kanälen reduziert sich der Wert auf 417 W und mit allen acht auf 215 W. Die hier nicht abgebildeten Messungen mit Lasten von 8 Ω und 2 Ω lieferten ähnliche Leistungswerte. Bei einer länger andauernden Belastung (60 s oder mehr) reduzieren sich die Werte unabhängig von der Last auf 135 W pro Kanal.

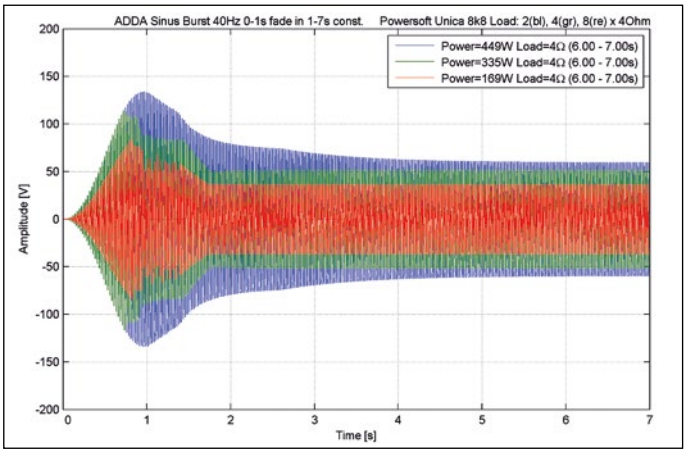
Leistungen für verschiedene Signaltypen

Unweigerlich kommt jetzt die Frage auf: Wie passt das mit den 1000 W pro Kanal bei gleichzeitiger Belastung aller Ka-

Frontabdeckung mit Magneten zur einfachen Reinigung der Staubschutzfilter. Das Amp-Innenleben ist, typisch für Powersoft, dicht gepackt, dabei aber sehr aufgeräumt und zeigt nur wenig freie Verkabelung



Burstmessung mit 1 kHz Sinus bei einer ein-, zwei, vier- oder achtkanaligen Last von 4 Ω. Der gemessene Verlauf ist bei einer ein- oder zweikanaligen Last identisch. (Abb. 18)

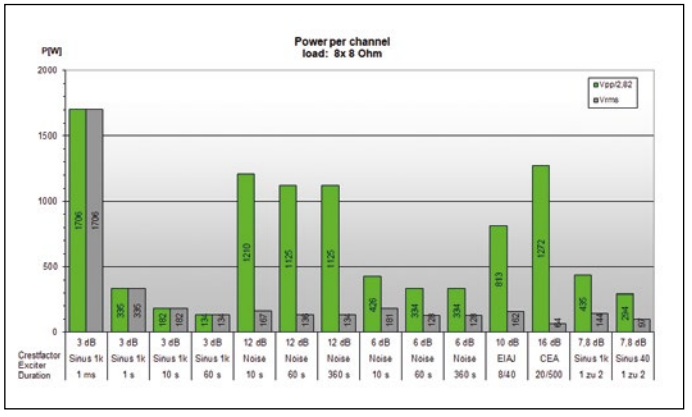


Burstmessung mit 40 Hz Sinus bei einer ein-, zwei, vier- oder achtkanaligen Last von 4 Ω. Der gemessene Verlauf ist bei einer ein- oder zweikanaligen Last identisch (Abb. 19)

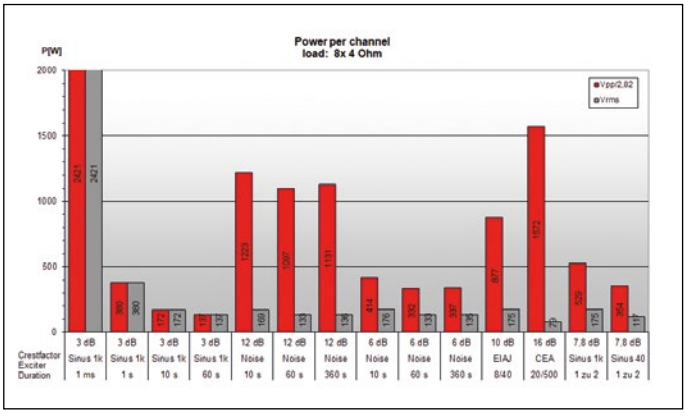
näle aus dem Datenblatt zusammen? Die Antwort liefert die nächste Messreihe mit diversen Burst- und Noise-Signalen mit Crestfaktoren von 6 bis 16 dB.

Dazu zunächst eine kurze Erläuterung. Es werden folgende Werte bestimmt (Abb. 20/21):

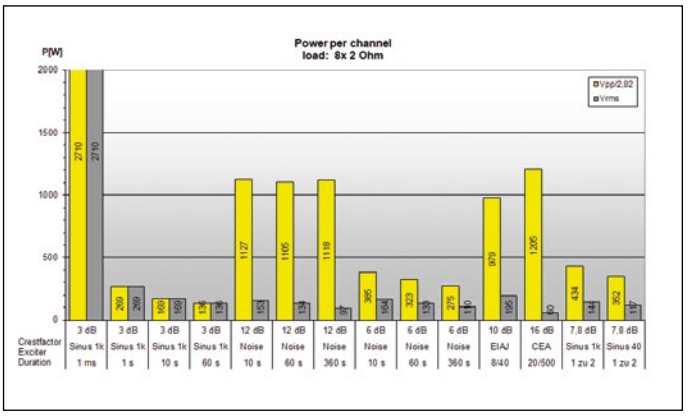
- die Impulsleistung für eine 1 ms dauernde einzelne Periode eines 1-kHz-Sinussignals
- die Sinusleistung bei einem konstant anliegenden 1-kHz-Sinussignal nach einer Sekunde, nach zehn Sekunden und nach einer Minute
- die Leistung bei einem konstant anliegenden Rauschen mit 12 dB Crestfaktor nach zehn Sekunden, nach einer Minute und nach sechs Minuten
- die Leistung bei einem konstant anliegenden Rauschen mit 6 dB Crestfaktor nach zehn Sekunden, nach einer Minute und nach sechs Minuten
- die Leistung nach EIAJ gemessen mit einem gepulsten 1-kHz-Sinussignal von 8 ms Dauer alle 40 ms. Das Signal hat einen Crestfaktor von 10 dB.
- die Leistung nach CEA 2006 mit einem 1-kHz-Sinussignal, dessen Pegel alle 500 ms für 20 ms einen Pegelsprung von +20 dB erfährt. Das Signal hat einen Crestfaktor von 16 dB.
- die Leistung für einen sich periodisch wiederholenden 1-kHz-Burst einer Länge von 33 ms gefolgt von einer Ruhephase 66 ms. Der Crestfaktor dieses Signals beträgt 7,8 dB.
- die Leistung für einen sich periodisch wiederholenden 40-Hz-Burst einer Länge von 825 ms gefolgt von einer Ruhephase 1650 ms. Der Crestfaktor dieses Signals beträgt ebenfalls 7,8 dB.



Leistungswerte für verschiedene Signaltypen Unica 8k8 an 8 Ω pro Kanal bei gleichzeitiger Belastung aller Kanäle (Abb. 20)



Leistungswerte für verschiedene Signaltypen Unica 8k8 an 4 Ω pro Kanal bei gleichzeitiger Belastung aller Kanäle (Abb. 21)



Leistungswerte für verschiedene Signaltypen Unica 8k8 an 2 Ω pro Kanal bei gleichzeitiger Belastung aller Kanäle (Abb. 22)

Für die sinusförmigen Messsignale fällt die Auswertung leicht. Man erfasst den Effektivwert und berechnet daraus die Leistung. Die Sinuswelle sollte dabei noch nicht sichtbar verzerrt sein. Für die Sinus-Burst-Signale nach EIAJ oder CEA lassen sich zwei Werte bestimmen. Zum einen der kurzzeitige Effektivwert während der Dauer des Bursts und der Effektivwert über alles inklusive der Signalpausen. Das Verhältnis der beiden Werte beträgt für das EIAJ-Signal 7 dB und für das CEA-Signal 13 dB. Der Crestfaktor ist jeweils 3 dB größer und beträgt somit 10 dB bzw. 16 dB. Für die Burst-Messmethoden werden in der Übersicht die Leistungswerte, berechnet aus dem kurzzeitigen Effektivwert des Bursts, und der über alles Effektivwert angegeben. Eine weitere Burst-Messmethode arbeitet mit 33 ms langen 1 kHz Bursts gefolgt von 66 ms langen Ruhephasen. Hier beträgt der Crestfaktor 7,8 dB. Angelehnt an diese Messung wurde speziell im Hinblick auf die Fähigkeiten einer Endstufe bei der Basswiedergabe, wo Töne häufig länger anstehen, der Burst in der Frequenz um den Faktor 25 auf 40 Hz reduziert und die Zeitspannen entsprechend um den Faktor 25 verlängert.

Etwas anders gestaltet sich die Messung mit den Noise-Signalen mit 12 oder 6 dB Crestfaktor. Der Verstärker wird mit diesen Signalen bis an seine Clip-Grenze ausgesteuert und dann dauerhaft belastet. Gemessen werden nach zehn Sekunden, nach einer Minute und nach sechs Minuten jeweils der Wert Spitze-Spitze (V_{pp}) und der Effektivwert (V_{rms}) des Signals. Daraus werden vergleichbar zur Burst-Messung je ein Leistungswert aus dem Effektivwert der Spannung und einer aus dem Wert Spitze-Spitze durch 2,82 berechnet. Die Werte sind so mit denen der Burst-Messungen vergleichbar.

Mit diesen Messungen löst sich der nur scheinbare Widerspruch zwischen den Messwerten und dem Datenblatt auf. Unabhängig von der Last werden bei gleichzeitigem Betrieb aller acht Kanäle mit 2, 4 oder 8 Ω Last mit dem 12-dB-Crestfaktor-Signal diese Leistungswerte erreicht, berechnet aus der Spannung Spitze-Spitze geteilt durch 2,82, von ungefähr 1100 W. Der Leistungsmittelwert beträgt dabei in allen Fällen wieder die bekannten 135 W. Somit passt alles zusammen.

Netzbelastung und Smart Rail Management

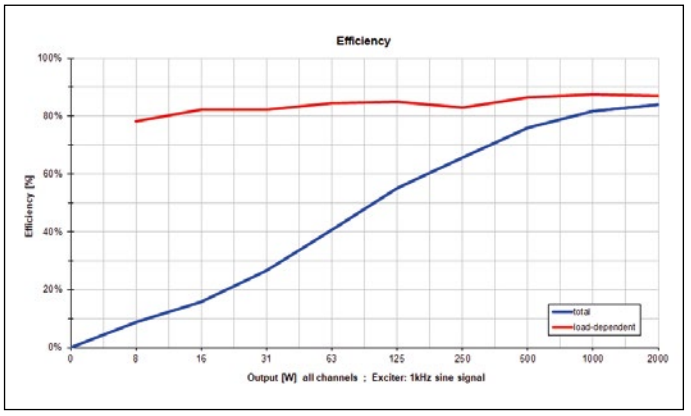
Die Netzbelastung ist bei Endstufen hoher Leistung ein wichtiges Thema. Wichtige Aspekte sind dabei der Wirkungsgrad, die Netzbelastung (Stichwort Leistungsfaktor) und vor allem bei Dauerbetrieb in Festinstallationen auch die Ruheleistungsaufnahme.

Abb. 23 zeigt dazu mit zwei Kurven den Wirkungsgrad der Endstufe. Die blaue Kurve setzt die Ausgangsleistung in Relation zur insgesamt aus dem Stromnetz aufgenommen Wirkleistung. Zusammen mit der Grundlast ergeben sich daher bei kleinen Ausgangsleistungen für den Wirkungsgrad eher geringe Werte. Für die rote Kurve wird die Ausgangsleistung nur zu der zusätzlich zur Grundlast aufgenommenen Leistung in Relation gesetzt.

Daraus ergibt sich für die Unica 8k8 ein sehr guter Wirkungsgrad von 80 bis 88%. Die Werte waren so gut, dass die Messung zur Vermeidung von Messfehlern vorsichtshalber noch einmal wiederholt wurde. Bei der Zweitmessung wurde dann zusätzlich neben dem Fluke-Netzanalysator auch noch ein Hameg-Leistungsmessgerät eingesetzt, die jedoch beide die Werte aus der ersten Messung bestätigten.

Hinzu kommt dann noch die Grundlast, die je nach Vorgeschichte zwischen 44 und 79 W liegen kann. Das Smart Rails Management (SMR) von Powersoft sorgt dafür, dass die Netzteilspannung für die Endstufen nicht immer konstant hoch ist, sondern ganz nach Bedarf angepasst wird. Liegt kein oder nur wenig Signal an, dann liefert das Netzteil eine geringere Spannung. Kommt entsprechender Bedarf auf, der durch ein kurzes Delay in der Signalkette frühzeitig erkannt wird, dann wird die Netzteilspannung sehr schnell hochgefahren. Die SMR-Funktion ist immer aktiv. Dass auch einzelne Kanäle in den Standby-Modus gehen, wird in ArmoniaPlus über die Eco-Funktion aktiviert.

Der aus dem Stromnetz aufgenommene Strom sollte in seinem Verlauf möglichst der Spannung folgen und die



Wirkungsgrad in Abhängigkeit der Ausgangsleistung
Die blaue Kurve bezieht sich auf die Gesamtleistung die rote Kurve auf den lastabhängigen Anteil ohne Grundlast (Abb. 23)

Endstufe sich somit vergleichbar einem reellen Widerstand als Last für das Stromnetz verhalten. Abweichungen entstehen durch Verschiebungsblindströme (kapazitiv oder induktiv) und durch Verzerrungsblindströme (Oberwellenanteil). Wie gut sich der Stromverlauf dem Spannungsverlauf annähert, wird durch den Leistungsfaktor (PF = Powerfactor) messtechnisch ausgedrückt. Abb. 24 zeigt dazu die Messung der Unica 8k8 bei Volllast. Bis auf einen leichten Versatz und ein wenig Verzerrung der Kurvenform folgt der Stromverlauf (blau) dem Spannungsverlauf (rot) sehr gut. Der Powerfactor beträgt 0,95. Als Verzerrungsanteil (THD) ausgedrückt beträgt der Wert 5,5%. Erreicht wird dieser sehr gute Wert durch eine aktive PFC-Schaltung (Powerfactor Correction).

Die Eckwerte für die Leistungsaufnahme der Unica 8k8 sind:

- Standby: 21 W
- Idle Eco: 44 W
- Idle: 79 W
- Max. mit 12 dB CF Noise: 1360 W
- Max. mit Sinussignal: 1300 W

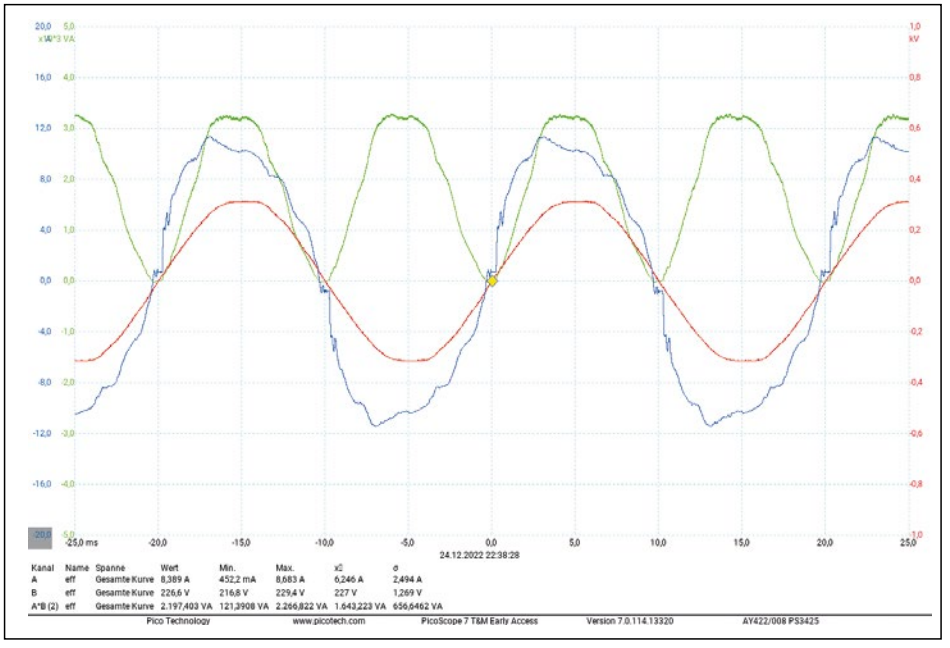
Die hier gemessenen Werte sind Momentaufnahmen und können je nach Außentemperatur, Vorgeschichte und Signalform geringfügig abweichen.

Fazit

Mit den acht- und vierkanaligen Unica-Modellen bringt Powersoft eine neue Endstufenbaureihe auf den Markt, die sowohl für den niederohmigen Betrieb wie auch für den Einsatz mit 100- oder 70-Volt-Konzepten flexibel einsetzbar ist. Die Kanäle stehen dabei unabhängig von der Betriebsart immer zur Verfügung.

Abhängig von der Gesamtlasten und der Art der Signale beträgt die maximale Leistung der getesteten Version pro Kanal 1000 bis 2000 W. Die Konfiguration und der Betrieb der Unica-Endstufen erfolgt über die bewährte Powersoft-Software ArmoniaPlus. Die Ausstattung der Endstufen lässt mit dem hoch leistungsfähigen DSP-System, dem Dante/AES67-Interface und vielen anderen Features kaum Wünsche offen. Die Produktvielfalt bietet acht- und vierkanalige Versionen.

Neu und besonders hervorzuheben sind dabei die Powersoft Cloud „Universo“ und die Easy-Swap-Funktion, die vor allem beim Betrieb und Wartung der Endstufen in fest installierten Anlagen echte Vorzüge liefern. Mit Phoenix-Anschlüssen unterstreicht man auch nochmal die bevorzugte Anwendung in der Festinstallation, wenngleich diese Formalität jedoch kein Hindernis sein sollte, die Unicas auch im Rack mit Anschlussfeld mobil einzusetzen. ■



Powerfactor Correction Verlauf von Netzspannung (rot), Netzstrom (blau) und der daraus berechneten Leistungsaufnahme (grün). Die PFC erfüllt ihre Aufgabe sehr gut (Abb. 24)