



Bild: Chaiyuth/Adobe Stock; alle anderen Bilder: Rohrer

# Steuergeräte realitätsnah testen

Die zahlreichen in Automobilen eingebauten Steuergeräte (ECUs) müssen nach der Fertigung einem strengen Prüfprozess unterzogen werden, zum Beispiel um Zuverlässigkeitsaussagen über die gesamte Lebensdauer treffen zu können. Da die Ausgangssignale herkömmlicher arbiträrer Funktionsgeneratoren für die Prüfung nicht ausreichen, müssen die Prüfsignale unverfälscht verstärkt werden. Hierfür eignen sich spezielle linear geregelte 4-Quadranten-Leistungsverstärker.

.....  
 Helmut Rohrer  
 Inhaber von Rohrer  
 Siegfried W. Best  
 freier Redakteur

**F**ür Automotive-Tests gibt es unterschiedliche Vorschriften, zum Beispiel die Vorschrift LV124 für 12-V-Bordnetze und die Vorschrift LV148 für 48-V-Bordnetze. Beide werden international angewendet. Die vorgegebenen Testsignale, überwiegend nichtperiodische,

arbiträre Kurven, werden von arbiträren Funktionsgeneratoren generiert und über Leistungsverstärker verstärkt. Darüber hinaus bleibt es jedem Hersteller beziehungsweise Herstellerkonsortium überlassen, zusätzliche Anforderungen festzulegen und für sich anzuwenden.

Um die Testvorschriften umzusetzen, sind entsprechende Bordnetzsimulatoren nötig, die sowohl die entsprechende Leistung als auch die nötige Dynamik für die zu testenden ECUs liefern. Alternativlos für diese Anforderungen sind neben dem passenden arbiträren Funktionsgenerator

linear geregelte 4-Quadranten-Leistungsverstärker mit Leistungsbandbreiten von DC 400 kHz -3db und Kleinsignalbandbreiten von über 1 MHz. Diese Leistungsverstärker werden von einem arbiträren Funktionsgenerator angesteuert. Bild 1 zeigt ein Ergebnis einer Kfz-typischen Prüfung nach den entsprechenden Testvorschriften.

## ■ Normkurven müssen eingehalten werden

In den genannten Testvorschriften sind Normkurven für das Ausgangssignal des

Leistungsverstärkers angegeben, deren Einhaltung nachzuweisen ist. Dies ist allerdings nicht immer eindeutig, da die Hersteller der Leistungsverstärker dazu neigen, den Verstärkerausgang als Messort zu definieren, der Prüfer der ECU es aber ganz anders sieht: Er will das definierte Prüfsignal am Anschlusspunkt der ECU sehen.

Für Hersteller von Leistungsverstärkern, wie zum Beispiel das Unternehmen Rohrer aus München, ist klar, dass der Anschlusspunkt der ECU der richtige Messort ist, an dem das geforderte Testsignal stabil stehen muss, auch bei Belastungsänderung der ECU. Diese Anforderung wird durch eine Fühlerleitung zwischen Anschlusspunkt und einem Fühlerleitungsanschluss beim Leistungsverstärker sichergestellt. Dies gilt auch für die wichtigsten Neuerungen der Testvorschriften, die Punkte E-06 sowie E48-05. Bei diesen handelt es sich um die Oberwellen des vom Verstärker gelieferten Testsignals im Bereich  $6 V_{SS}$  bis über 200 kHz, die auf die Grundkurve aufgeprägt werden. Die Frequenz des Testsignals erstreckt sich von 15 Hz bis 200 kHz. Sie wird dreieck-logarithmisch gewobbeln aufgeprägt und soll möglichst allen Messungen überlagert werden (Bild 2). Eine besondere Herausforderung ist dabei die Genauigkeit von  $\pm 2$  Prozent.

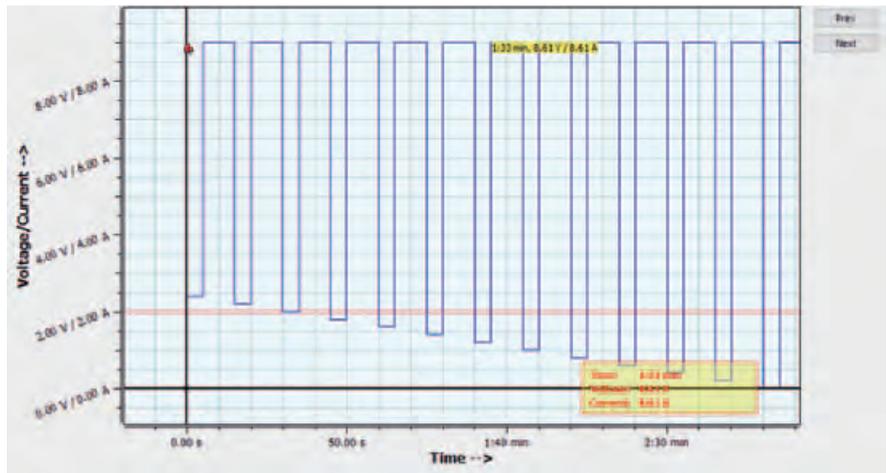


Bild 1: Verhalten der ECU bezüglich Schaltverhalten und Störimpulsen.

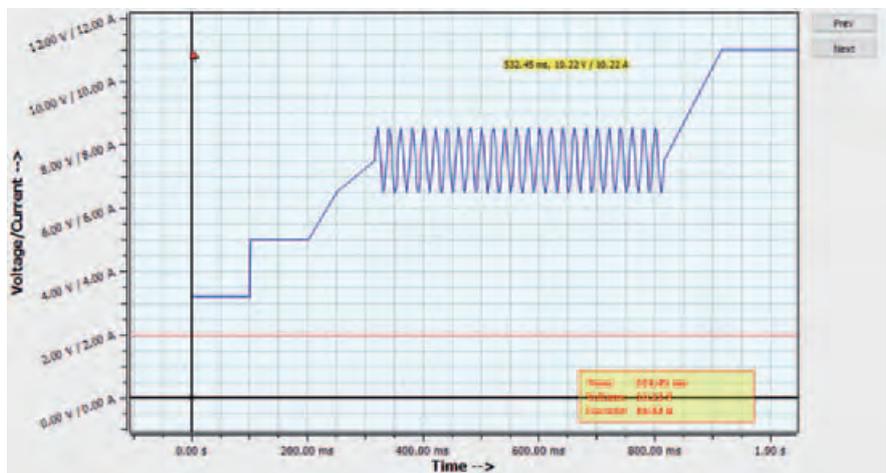


Bild 2: Dreieck-/logarithmische Wobbelkurve 15 Hz bis >200 kHz.

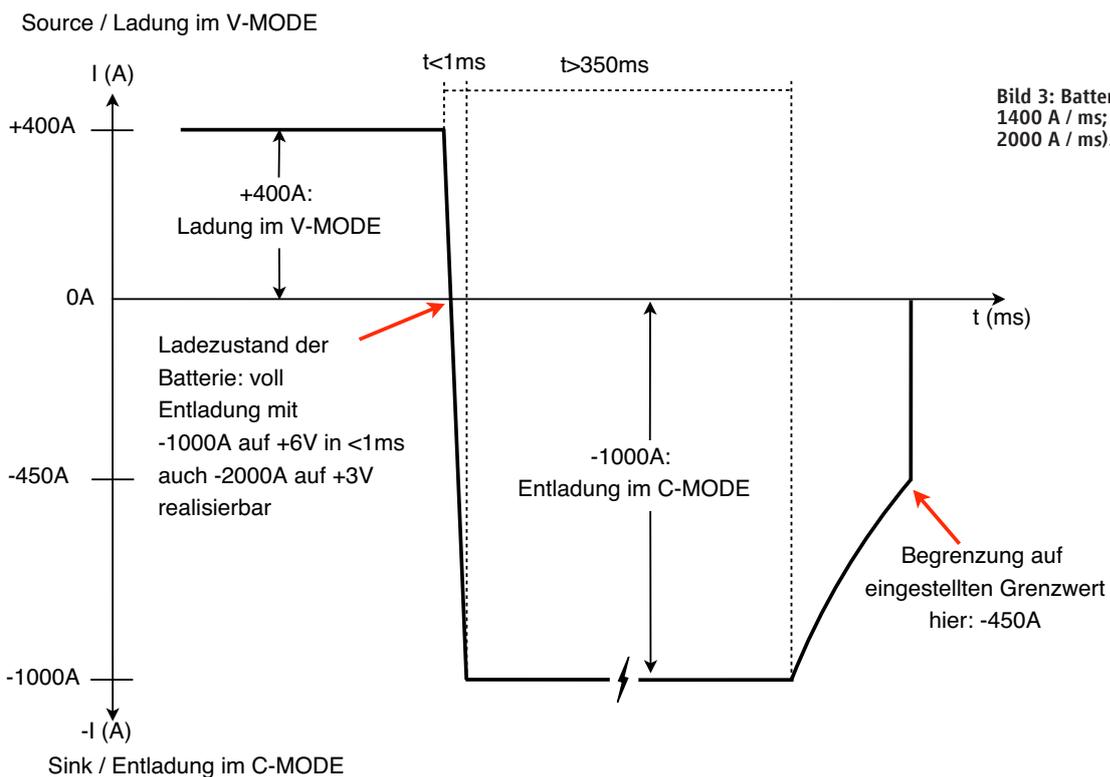


Bild 3: Batterietest:  $di/dt$ : 1400 A / ms; (machbar auch 2000 A / ms).



**Bild 4:** Frontplatte des Leistungsverstärkers PAB-P210-LV124-R1-V030-DC420 mit verschiedenen Bedienelementen.



**Bild 5:** Rückseite des Leistungsverstärkers mit Netzeingang und Kommunikationsschnittstellen.

### ■ Merkmale des Leistungsverstärkers

Bei der Frage, welche Eigenschaften der eingesetzte Leistungsverstärker haben sollte, gilt es unter anderem Folgendes zu klären: Wie hoch sind die Leistungsanforderungen bezüglich

- der DC-AC-Leistung: Dauerleistung bis zur Temperaturabschaltung und Kurzzeitleistung/Inrush-Current (Strom, den die ECU beim Einschaltvorgang aufnimmt, um die Eingangskapazitäten der ECU zu laden) sowie
- der DC-AC-Verlustleistung: insbesondere für Batterietests (Bild 3).

Zu beachten ist auch der Dynamikbereich, die Genauigkeit und wo der Messort festgelegt ist. Um den DC-Offset des ansteuernden Funktionsgenerators für Messungen an Induktivitäten zu eliminieren, muss der Leistungsverstärker über einen AC-gekoppelten Steuereingang verfügen. Außerdem muss ein DC-gekoppelter Eingang vorhanden sein. Die Signale beider Eingänge lassen sich addieren, um so zum Beispiel mit zwei Generatoren beliebige Frequenzgemische zu erzeugen, was besonders in der Entwicklung von Vorteil ist. Der Leistungsverstärker sollte

darüber hinaus über Monitore für Ströme und Spannungen verfügen, die entkoppelt und reziprok zum Eingang skaliert sind, um Messwerte direkt vergleichen zu können.

### ■ Einstellung und Kontrolle

Bild 4 zeigt die Frontplatte mit den Bedienelementen des Leistungsverstärkers PAB-P210-LV124-R1-V030-DC420 von Rohrer. Zu sehen sind hier unter anderem ein Bedienelement für die Wahl der Betriebsmodi – Spannungs- (V) oder Strom-

betrieb (C) – sowie die Bereichswahl der bis zu vier bipolaren Bereiche, die auch noch zwischen Spannungsbetrieb und Strombetrieb umgeschaltet werden können. Zudem sind unipolare und asymmetrische Bereiche möglich. So lässt sich der Verstärker für viele Testanforderungen anpassen.

Für einen Prüflingswechsel kann man die Aussteuerbarkeit des Verstärkers stoppen. Ein Vorteil dieser Funktion ist dabei, dass der Ausgang in Millisekunden gestoppt und wieder freigegeben werden kann, um einen automatisierten Prüflingswechsel vorzunehmen. Zusätzlich ist es möglich, den Ausgang galvanisch zu trennen beziehungsweise freizuschalten.

Für die bereits angesprochene Fühlerleitung, die die Spannung an einem beliebigen Punkt, beispielsweise an der ECU, entsprechend der Sollwertvorgabe (DC bis >200 kHz) regelt, sind Buchsen vorgesehen. Mit diesem speziellen Senseline-Anschluss gibt es keine unerwünschten Schwingungen. Zum Schutz der ECU kann man Grenzwerte für Spannung und Strom einstellen. Bei Überschreiten der Grenzwerte schaltet der Verstärker ab oder er begrenzt die Verstärkung, sodass die Kurvenform erhalten bleibt. Die Verlustleistungs- und die Temperaturanzeige der Endstufen geben über einen stabilen Betrieb Auskunft. Rechtzeitige Maßnahmen kann man gegebenenfalls einleiten. Die Belegung der Rückseite veranschaulicht Bild 5. Hier gibt es unter anderem Schnittstellen für einen Monitor (HDMI), Maus, Tastatur und USB-Speicher. Zudem gibt es eine LAN-Schnittstelle etwa für den Netzwerkanschluss oder für einen Funktionsgenerator. Eine WLAN-Funktion ist ebenso vorgesehen. Der 25-polige Sub-D-Stecker dient als Multifunktionschnittstelle. (kv)



**Bild 6:** Der linear geregelte 4-Quadranten-Leistungsverstärker PAB-P210-LV124-R1-V030-DC420 wurde vom Hersteller für die Anforderungen im Automotive-Bereich ausgelegt.