

Was Prüfsingenieure über AC-Quellen wissen sollten

Auswahl einer AC-Leistungsquelle: Linear oder getaktet?

Von Mitchel Orr, Pacific Power Source, Inc.

Das Wissen um die grundlegenden Bauweisen und Möglichkeiten von AC-Leistungsquellen ist nützlich, wenn es darum geht, für eine bestimmte Aufgabe das optimale Gerät zu finden.

Abstract:

Bei der Suche nach einer AC-Leistungsquelle für Test- und Versuchszwecke stößt der Anwender bei der Auswahl eines geeigneten Geräts sehr bald auf die Fragestellung: „Linear oder getaktet?“ Es ist beileibe nicht so, dass linear geregelte Geräte nicht mehr „aktuell“ wären, beide Technologien haben vielmehr ihre spezifische „Daseinsberechtigung“. Erfolgsentscheidende Betriebseigenschaften sind die Frequenz, der Strom und die Regelung. Andere Auswahlkriterien sind Baugröße, Gewicht, Betriebstemperatur und der Preis. Für viele einfache Anwendungen können sowohl lineare als auch getaktete Geräte befriedigende Ergebnisse liefern. Im Falle anspruchsvollerer Anwendungen wird nur eine der beiden Technologien die Ansprüche des Betreibers wirklich erfüllen.

Mitchel Orr, Vertriebsleiter des kalifornischen Herstellers Pacific Power Source, PPS, hat einen Leitfaden zur Auswahl des best geeigneten Gerätes zusammengestellt. Mitchel Orr weiß, warum er diese Tipps gibt, denn sein Unternehmen bietet parallel zwei umfangreiche Geräteserien an, die ASX- und AMX-Serie. Die eine basiert auf getakteter, die andere auf linearer Technologie. „Die Auswahl einer AC-Leistungsquelle sollte sich auf mehr als die drei Katalogvariablen Spannung, Frequenz und Leistung stützen. Die Auswahl eines Gerätes aufgrund unzureichender Spezifikationen birgt immer ein Risiko. So kann die Nichtbeachtung der wirklichen Anforderungen zu Enttäuschungen bei der Produktleistung, den Testergebnissen oder bei dem Anwender führen,“ warnt Orr.

Text:

Die Kenntnis von den Eigenschaften und Unterschieden von linearen zu getakteten AC-Leistungsquellen ist besonders nützlich für Prüfsingenieure und Betreiber von Prüfanlagen und Testsystemen. Das Wissen um die Möglichkeiten der Geräte erleichtert die Wahl des Gerätetyps, der die Anforderungen am besten erfüllt.

Die Auswahl einer AC-Leistungsquelle sollte sich auf mehr als die drei Katalogvariablen Spannung, Frequenz und Leistung stützen. Die Wahl eines Gerätes aufgrund unzureichender Spezifikationen ist risikobehaftet. Tatsächlich kann die Nichtbeachtung der wirklichen Anforderungen zu enttäuschenden Ergebnissen der Produktleistung, der Testergebnisse oder beidem führen.

Erfolgsentscheidende Betriebseigenschaften schließen die Frequenz, den Strom und die Regelung mit ein. Andere Auswahlkriterien sind Baugröße, Gewicht, Betriebstemperatur und der Preis. Für viele einfache Anwendungen werden sowohl lineare als auch getaktete Geräte befriedigende Ergebnisse liefern. Im Falle anspruchsvollerer Anwendungen wird nur eine der beiden Technologien die Anforderungen des Betreibers wirklich erfüllen.

In den Industrienationen ist die normale Netzspannung verfügbar, verlässlich und üblicherweise auch stabil. Für den Versuchsingenieur ist deshalb die Netzspannung unflexibel, denn viele Tests verlangen einen weiten einstellbaren Bereich von Spannungen und Frequenzen. Andere Tests verlangen nach einem Einschaltstromstoß und der Messung von harmonischen Überlagerungen. Der Strom aus dem Netz ist verseucht durch Induktionen und andere Störungen. Zudem weiß man in den meisten Anwendungen nichts über die Impedanz der Zuleitung.

Leicht erkennt man die Grenzen von Wechselspannung aus dem Netz. Die Netzspannung ist weder flexibel genug noch frei von Störeinflüssen, um präzise Messungen zu erlauben. Unvorhersehbare Schwankungen machen wiederholte Tests unmöglich. Die Versorgung mit präziser Wechselspannung ist in vielen Fällen eine zwingende Notwendigkeit.

Eine gut ausgestattete AC-Leistungsquelle liefert genau definiert die Leistung, um einen Prüfling exakt untersuchen zu können. Die AC-Quelle kann auch mit einer Auswahl von Spannungen und Strömen den Bedarf nach stabilen Netzbedingungen erfüllen. Zusätzlich können Einschaltstöße, Oberwellen und andere Störungen hinzugefügt werden. Solche Eigenschaften unterstützen den Test und die Verifikation extremer Betriebsbedingungen. Die eingebauten Messmöglichkeiten der AC-Quellen können herangezogen werden, um die Eigenschaften des Prüflings zu untersuchen.

Anforderungen an die Lasten

Eine stabile Leistungsquelle ist wesentlich für den Einsatz in einer Produktionsumgebung. Eine solche Quelle muss einfach zu bedienen sein. Sie muss die zuvor definierten Wellenformen, Frequenzen und Leistungen an den Prüfling abgeben können. Für die Definition der Tests ist die einfache Konfigurierbarkeit wichtig. Zu den Einstellmöglichkeiten gehören: Spannungsbereich, Frequenzbereich, Anzahl der Phasen und die Ausführung zuvor eingestellter Spannungsgrenzttests. Selbst bei einfachen Anwendungen sollte allerdings auch das dynamische Verhalten des Prüflings beachtet werden.

Viele sind keine reinen ohmschen Lasten mit dem Ergebnis, dass die Spannung und der Strom in die Last nicht in Phase sind. In diesem Whitepaper sprechen wir in diesen Fällen von einem niedrigen Leistungsfaktor (Die Definition: Power-Faktor, Leistungs-Faktor, $\cos\varphi$, beschreibt das Verhältnis der Wirkleistung zur Scheinleistung, wird aber meistens mit dem Phasenwinkel zwischen dem Spannungs- und Stromverlauf beschrieben.). Zusätzlich verlangt manche Last nach Stromspitzen, die ein Vielfaches des durchschnittlichen Stromverbrauches betragen. Wir bezeichnen das Verhältnis von Spitzenwert zum Effektivwert einer Wechselgröße als „Scheitelfaktor“ (engl. crest factor). Und schließlich stellt die ausgewählte AC-Leistungsquelle für viele Anwendungen einen Energiespeicher dar. Energiereserven werden gebraucht, um den Strombedarf beim Einschaltstoß zu bedienen ohne den Spannungsverlauf zu „verbiegen“.

Überblick über die Leistungsumwandlung

Elektrische Energieumwandler überführen eine Form von elektrischer Energie in eine andere. Man kann sich einen Wechselspannungswandler als eine „Black Box“ mit Eingangs- und Ausgangsklemmen denken. Aus dieser vereinfachten Perspektive zeigt sich der Prozess zwischen Eingang und Ausgang als AC-AC-Leistungswandlung. Allerdings wird von der internen Leistungssteuerung zunächst eine AC-DC-Wandlung verlangt. Der Ausgang wiederum benötigt eine DC-AC-Wandlung. Jede Weitbereichs AC-AC-Leistungsquelle beruht auf der internen AC-DC und DC-AC-Wandlung. Dieses sind beileibe keine akademischen Erwägungen. Die Effizienz jedes Umwandlungsprozesses hat Auswirkungen auf das Gewicht, die Größe, die Verlustwärme und die Kosten.

Je effizienter die Umwandlungsprozesse (die Verstärkung eingeschlossen) desto kleiner, leichter und kühler die Geräte. Ineffiziente Umwandlungsprozesse führen zu größeren, schwereren und wärmeerzeugenden Geräten. Daraus erklärt sich, dass die Effizienz jedes Verstärkers ein bedeutender Faktor ist, wenn es um die Größe, das Gewicht und die Verlustwärme geht.

AC-AC Leistungswandlung soll zu einer verlässlichen Quelle gesteuerter Wechselspannungs-Leistung führen. Die Netzspannung liefert die zugrunde liegende Leistung. Der Wandler liefert eine präzise gesteuerte künstliche Wellenform mit vorgeschriebener Spannung, Frequenz und Leistung.

Grundlagen der AC-AC-Wandlung

Bild 1 zeigt, wie unsaubere unregulierte Wechselspannung in Gleichspannung umgesetzt wird. Gleichzeitig erzeugt ein Oszillator innerhalb der Leistungsquelle eine präzise Wellenform niedriger Spannung. Das Niederspannungssignal des Oszillators wird verstärkt mit der gewandelten Gleichspannung als Energiequelle. Das Resultat ist eine stabile, genau definierte höhere Wechselspannung mit vordefinierter Wellenform und Frequenz.

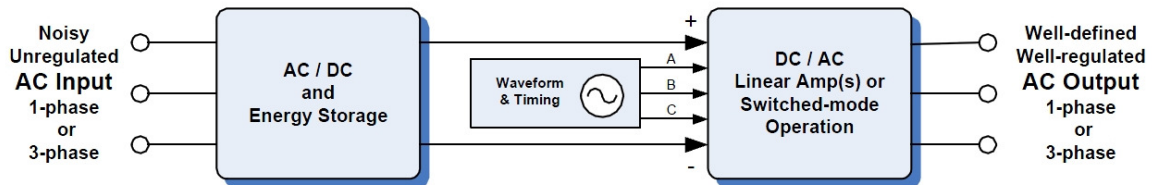


Figure 1. Generic AC-to-AC Power Conversion

Die Gründe für die Verwendung von linearer oder getakteter Technologie ergeben sich aus der spezifischen Anwendung. Betrachten Sie beispielsweise eine nicht-sinusförmige Last mit Leistungsfaktor eins mit hohem Scheitelfaktor. Eine solche Last wird am besten von einem Linearverstärker gespeist. Lineare Hochleistungsverstärker sind in der Lage, Spitzenströme zu liefern ohne Veränderung der Ausgangsspannung. Oder betrachten Sie eine Last mit einem sehr niedrigen Leistungsfaktor (großer Phasenwinkel). Lasten mit hoher Blindleistung werden besser von getakteten Verstärkern gespeist. Getaktete Verstärker können den vollen Strom in allen vier Quadranten liefern.

Technische Überlegungen

Man muss genau die individuellen Rahmenbedingungen des Tests kennen, um entscheiden zu können, ob der lineare oder der getaktete Betrieb das bessere Verhalten zeigt. Außerdem entscheidet die sorgfältige Betrachtung der Anforderungen darüber, welche der beiden Technologien die kostengünstigere ist. Die Anforderungen an den Betrieb schließen ein:

- schnelle Ansprechzeit bei Lastsprüngen
- Hoher Scheitelfaktor
- Niedrige Ausgangsimpedanz
- Hohe Blindströme
- Nichtlineares Verhalten
- Rückspeisung
- Einschaltstromstoß
- Größe und Gewicht

Lineare AC-Leistungsquellen

Lineare AC-Leistungsquellen erzeugen Ausgangsspannungen mit geringen Störungen. Die verwendeten Operationsverstärker kommen dabei nicht in die Sättigung. Ein Vorteil der Operationsverstärker ist, dass sie das Eingangssignal sehr genau am Ausgang abbilden. Sie haben dabei allerdings den Nachteil eines niedrigen Wirkungsgrades. Operationsverstärker werden in die Klassen A, B und AB eingeteilt. Die Buchstaben beziehen sich auf den Flusswinkel. Verstärker der Klasse A arbeiten typischerweise mit einem Wirkungsgrad von unter 50%. Verstärker der Klassen B oder AB können Wirkungsgrade in der Spitze über 50% erzielen. Als Konsequenz ihres niedrigen Wirkungsgrades werden Größe und Gewicht zu Hauptmerkmalen linearer Netzgeräte. Demgegenüber glänzen lineare AC-Leistungsquellen mit voller Leistung über die gesamte Bandbreite, exzellenten Sprungantworten und der geringsten Ausgangsimpedanz.

Merkmale der linearen Verstärker-Technologie

- Sehr geringe Ausgangsverzerrung (geringer Klirrfaktor)
- Hohe Bandbreite
- Wird mit hohen Scheitelfaktoren bei sehr vielen Lasten fertig ohne Ausgangsverzerrung
- Steuerbare Ausgangsimpedanz in einem weiten Bereich (optional)
- Mehr Verlustleistung aufgrund des geringen Wirkungsgrades der Verstärker
- größere Bauform aufgrund der höheren Anzahl von Komponenten
- Höheres Gewicht

Grundlagen zur AC-AC Linearverstärkung zur Leistungsumwandlung

Abbildung 2 beschreibt die Funktion einer linearen AC-AC-Leistungsquelle. Eingangsseitig wird einphasiger oder dreiphasiger Wechselstrom in Gleichstrom gewandelt. Nach der Gleichrichtung werden verbleibende Wechselstromanteile, Breitband-Störungen und sporadische Einschaltstöße ausgefiltert. Energiespeicher bügeln Aussetzer und Spannungsunterbrechungen aus. Die gespeicherte elektrische Energie wird in der Folge auch zum Speisen des Ausgangsverstärkers benötigt. Gleichzeitig erzeugt ein Kleinsignal-Oszillator eine gesteuerte Wellenform. Praktischerweise sind typische Wellenformen in digitalen Mustern gespeichert. Folglich sind die synthetisierten Wellenformen identisch, unabhängig von der Ausgangsfrequenz. Schließlich wird die Wellenform auf die gewünschte Spannung und Leistung verstärkt. Wenn komplexe Lasten gespeist werden sollen, kann die Ausgangsimpedanz des Verstärkers entweder fix sein oder durch Rückkopplung gesteuert werden. Schlussendlich sollte die Bandbreite des Verstärkers der Aufgabe angepasst sein, damit die Wellenformen zuverlässig erzeugt werden können.

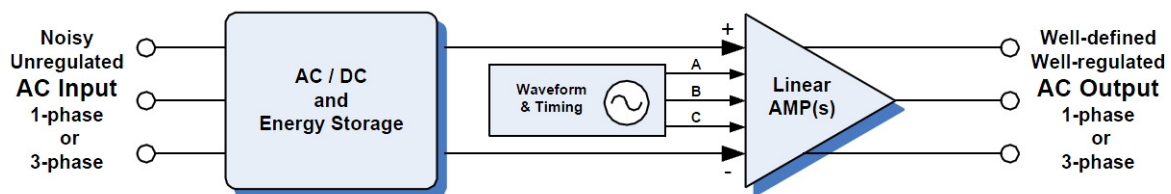


Figure 2. AC to AC Linear Amplification Power Conversion

Getaktete AC-Leistungsquelle

Getaktete AC-Leistungsquellen nutzen eine Kombination aus linearen und nicht-linearen Methoden zur Verstärkung der Wellenformen. Zu den Methoden gehören die Pulsweiten-Modulation, nicht-lineare Verstärkung und Tiefpassfilter. Getaktete Verstärker arbeiten mit hohem Wirkungsgrad, weil sie entweder voll an sind oder aus. Eine Folge davon ist, dass getaktete Verstärker weniger Wärmeverluste produzieren. Die getaktete Verstärkung gehört zur Klasse D. Das Ausgangssignal von Klasse D Verstärkern enthält einen hohen Anteil an Oberwellen. Ein Tiefpass in der Ausgangsstufe filtert die hochfrequenten Störungen heraus. Der Ausgang des Tiefpasses ist die verstärkte Version des Eingangssignals.

Grundlagen zur nichtlinearen AC-AC (getaktet) Leistungsumwandlung

Abbildung 3 zeigt die Funktion einer getakteten AC-AC-Leistungsquelle. Die Behandlung der Eingangsspannung und die Erzeugung des Oszillatorsignals sind identisch mit dem zuvor beschriebenen Beispiel. Im Falle der getakteten Leistungsumwandlung wird allerdings das analoge Kleinsignal nicht direkt mit dem Operationsverstärker verbunden, sondern speist den Eingang eines Pulsweiten-Modulators. Der Pulsweiten-Modulator arbeitet mit einer Arbeitsfrequenz, die ein Vielfaches der Frequenz der Eingangswellenform beträgt.

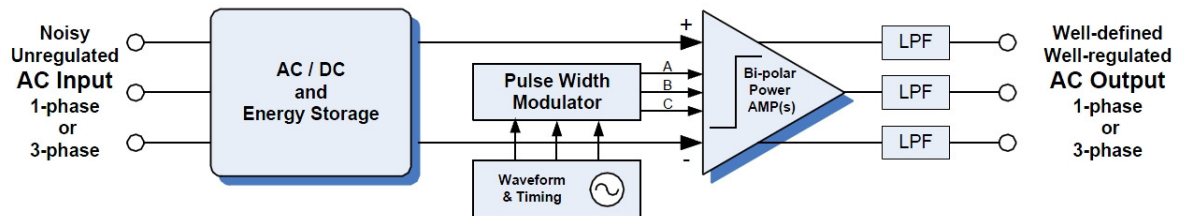


Figure 3. AC-to-AC Switch-Mode Power Conversion

Ist das Eingangssignal auf Null, produziert der Modulator eine Rechteck-Welle mit gleichgroßen positiven und negativen Perioden. Folglich ist der Ausgang des Tiefpassfilters am Ausgang exakt auf Null (Abb. 3). Die Breite der modulierten Pulse ist proportional zur Polarität und Amplitude des Eingangssignals, deshalb erscheint am Ausgang der Filter eine verstärkte Version des Oszillator-Ausgangs. Weil das Ausgangssignal von Pulsweiten abgeleitet wird, gibt es eine größere teilweise Verzerrung als bei linearen Klasse A, B oder C Verstärkern. Allerdings ist der Wirkungsgrad der Ausgangsstufe weit höher als bei linearen Verstärkern und liegt typisch bei 80% oder höher. Weniger Verluste in der Endstufe resultieren in weniger Abwärme und in kleineren Komponenten.

Merkmale der getakteten Technologie

- Geringer Klirrfaktor
- Fähigkeit, vollen Strom in Lasten mit hoher Blindleistung zu liefern
- Fähigkeit, vollen Strom über den ganzen Spannungsbereich ohne Leistungseinbussen
- Moderate Ausgangsbandbreite
- Moderater Bereich für eine aktive Ausgangsimpedanz-Steuerung
- Geringeres Gewicht aufgrund höherer Wirkungsgrade der Verstärker
- Kleinere Baugröße aufgrund von weniger Komponenten
- Weniger Verlustwärme
- Begrenzte Möglichkeiten zur Generierung komplexer Wellenformen

Vergleich von Eigenschaften und Möglichkeiten

Tabelle 1 zeigt die typischen Anwendungsfälle für AC-AC-Leistungsquellen auf. Es konnte gezeigt werden, dass die lineare Technologie die besseren Ergebnisse in einigen Anwendungen zeigt. Dafür eignet sich die getaktete Technik besser für andere Fälle. Das bedeutet nichts anderes, als dass man seine Anwendung sehr sorgfältig definieren muss.

Tabelle 1 Anwendungsfälle und Eignung der beiden Technologien		
Anwendung	Linear	Getaktet
Automatische Tests von DC-Netzteilen	x	
Automatische Tests von synchronen 400 Hz Systemen	x	
Tests von Störungen in F&E Versorgungsnetzen	x	
Test von Stromzählern	x	
Test von Störungen des Stromnetzes	x	
Fertigungskontrolle (Frequenzumwandlung)		x
Test von Sicherheitsautomaten		x
Sicherheitstests		x
Test von Haushaltsgeräten und Burn-in		x
Test der Motorleistung und Sicherheitstests		x
Anmerkung: in bestimmten Einzelsituationen mag auch der anderer Typ besser geeignet sein		

Tabelle 2 listet die Eigenschaften beider Technologien auf. Man sieht, dass nicht eine Technologie auf allen Feldern siegt. Immer wieder muss gesagt werden, dass man seine Ansprüche genau definieren muss. Wobei auch wieder darauf zu achten ist, dass man es nicht übertreibt, was sonst zu vermeidbaren Kosten, mehr Gewicht und Umweltbelastungen führen kann.

Tabelle 2. Extreme Gründe für oder gegen jede Technologie		
Eigenschaft / Möglichkeit	Linear	Getaktet
Hoher Wirkungsgrad		X
Niedrige Wärmeabgabe		X
Geringes Gewicht		X
Kleine Baugröße		X
Niedrige Kosten		X
Verhalten bei Lasten mit Blindleistung		x
Wenig Oberwellen	X	
Hohe Kleinsignal Bandbreite	X	
Hohe Ausgangssignal Bandbreite	X	
Aktive Impedanzsteuerung	X	
Hoher Scheitelfaktor	X	
Hoher Einschaltstromstoss	x	

Für mittlere Ansprüche sind getaktete Geräte die kostengünstigsten. Für absolut hohe Ansprüche im mittleren Leistungssegment sind allerdings lineare Geräte die besseren. Es gibt jedoch nicht den einen Schlüsselparameter, der entscheidet. Die schlussendliche Entscheidung ergibt sich aus allen Anforderungen, dazu gehören:

- Ausgangsspannungsbereich
- Anforderungen an den Ausgangsstrom, inkl. Einschaltstrom und Überlast
- Hohe Spitzenströme für nichtlineare Lasten mit hohem Scheitelfaktor
- Phasenverschiebung des Ausgangsstroms (Leistungsfaktor)
- Genaue Wiedergabe von selber definierten Wellenformen, Oberwellen oder beidem
- Schnelle Reaktion auf Störgrößen
- Verzerrung der Ausgangsspannung
- Verstärker-Ausgangs impedanz und ihre Steuerung
- Größe, Gewicht und Wirkungsgrad
- Umweltansprüche
- Abwägung Leistung vs. Preis

Am Schluss kann gesagt werden, dass man auf der Basis von realistischen Vorbedingungen eine objektive Entscheidung darüber treffen kann, welche Technologie die bessere Lösung darstellt. Wenn die genauen Randbedingungen nicht bekannt sind, sollte man sich auf den Rat des Vertriebsfachmannes oder des Anwendungstechnikers verlassen.

Mitchel Orr ist Vertriebs-Leiter von Pacific Power Source, PPS, Irvine, Kalifornien. Das Unternehmen entwickelt und produziert eine große Bandbreite von AC-Hochleistungsquellen. Zu den Produkten gehören sowohl lineare als auch getaktete Geräte. In Deutschland, Österreich und der Schweiz wird PPS vom Stromversorgungsspezialist Schulz-Electronic aus Baden-Baden vertreten.

Mehr Infos:

<http://pacificpower.com/German/Home.aspx>

und

http://schulz-electronic.de/produktuebersicht_0_0_24.html

Schulz-Electronic GmbH
Dr.-Rudolf-Eberle-Str. 2
76534 Baden-Baden

Telefon: +49 (0) 7223 / 96 36 – 0

www.schulz-electronic.de

