

WECHSELSPANNUNGSQUELLEN

Linear oder getaktet?



Schaltnetzteile haben den ganzen Markt für Stromversorgungen besetzt. Den ganzen Markt? Nein! In einigen Anwendungen wie zum Beispiel Wechselspannungsquellen für Testeinrichtungen leisten lineare Architekturen weiterhin Widerstand. Dieser Beitrag soll zeigen, unter welchen Voraussetzungen eine getaktete oder eine lineare AC-Quelle in diesem Bereich die bessere Lösung ist.

MITCHEL ORR

Mit Hilfe von Wechselspannungsquellen lassen sich elektrische und elektronische Systeme unter kontrollierten Bedingungen reproduzierbar testen. Solche Geräte können bestimmte Spannungs- und Strombereiche durchfahren und damit die Leistungsanforderungen für den Prüfling festlegen. Zusätzlich können sie Transienten, Harmonische und andere Spannungsstörungen überlagern, um die Grenzen eines Prüflings auszuloten und ihn unter extremen Bedingungen zu verifizieren. Mit Hilfe der integrierten Messfunktionen kann eine AC-Quelle zudem die Lasteigenschaften des Prüflings analysieren. Während sich für viele Anwendungen im Standardbereich sowohl lineare als auch getaktete Wechsel-

spannungsquellen eignen, wird bei spezielleren Applikationen meist nur eine der beiden Architekturen die besonderen Anforderungen des Anwenders erfüllen. Für deren Auswahl ist ein Verständnis der Eigenschaften und Unterschiede von linearen und getakteten AC-Quellen hilfreich. Dabei sollte der Kunde mehr Kriterien als nur die drei Größen Spannung, Frequenz und Leistung aus dem Herstellerkatalog zu Grunde legen. Zu den für den Betrieb entscheidenden Eigenschaften gehören auch die Bandbreite, der Strom und die Regelung. Andere anwendungsspezifische Anforderungen sind die Größe, das Gewicht, die Betriebstemperatur und natürlich die Kosten. Weiterhin gilt zu bedenken, dass die Quelle bequem zu bedienen sein muss. Dafür sollten folgende

Eigenschaften konfigurierbar sein: Spannungs- und Frequenzbereich, Anzahl der Ausgangsphasen und Ausführung von voreinstellbaren Spannungstests. Viele Lasten sind

nicht rein ohmsch, die angelegte Spannung und der Laststrom müssen also nicht in Phase sein. Dieser phasenverschobene Betrieb wird durch einen niedrigen Leistungsfaktor beschrieben. Per Definition ist dieser das Verhältnis vom Betrag der Wirkleistung zur Scheinleistung, oft wird diese Größe aber auch als $\cos \varphi$ angegeben, dem Phasenwinkel zwischen den Kurvenformen der Spannung und des Stroms. Weiter kann es vorkommen, dass eine Last einen Spitzenstrom zieht, der um ein Vielfaches höher ist als der durchschnittliche Strom. In diesem Fall spricht man von einem hohen Scheitel- oder Crest-Faktor, dieser wird als Verhältnis von Spitzenwert zu Effektivwert eines Wechselstroms definiert. In vielen Anwendungen sollte eine AC-Spannungsquelle über eine Überlastfä-

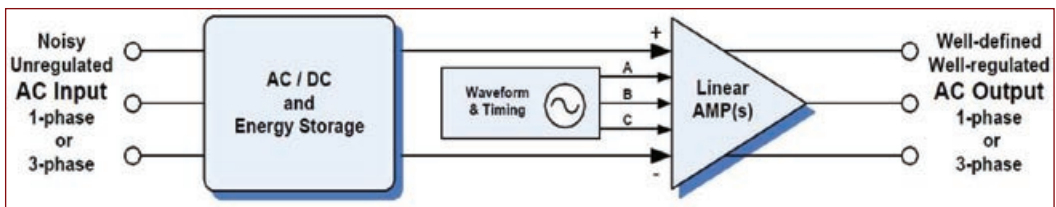


Bild 1: Blockschaltbild einer AC-Quelle mit linearem Verstärker

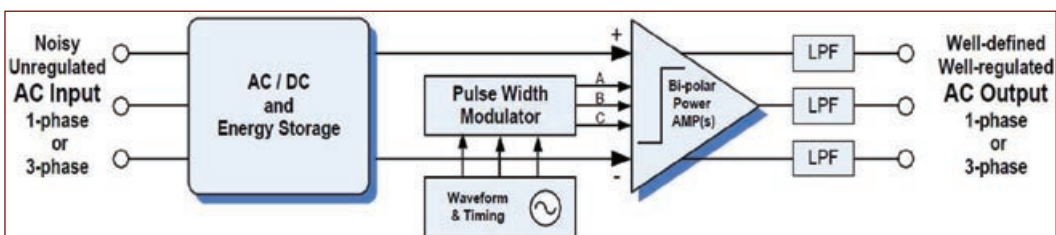


Bild 2: Blockschaltbild einer AC-Quelle mit getaktetem Verstärker

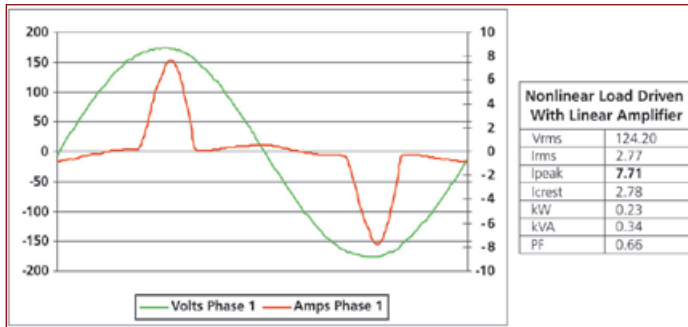


Bild 3: Spitzenstromverhalten einer linearen Spannungsquelle

higkeit verfügen. Diese Reserve ist notwendig, um beispielsweise Einschaltspitzen abdecken zu können, ohne dass sich die gewählte Spannungswellenform verändert. In diesem Zusammenhang ist auch eine niedrige Ausgangsimpedanz wichtig.

Einen Wechselspannungsumrichter kann man sich als ein Gerät mit lediglich einem Eingangs- und einem Ausgangsanschluss vorstellen. Aus dieser vereinfachten Perspektive erscheint der Prozess zwischen Ein- und Ausgang als simple AC/AC-Wandlung. In der Praxis erfordert dies jedoch eine AC/DC-Umsetzung (Gleichrichtung) am Eingang und eine ausgangsseitige DC/AC-Wandlung (Wechselrichtung). Jede breitbandige AC-Leistungsquelle erledigt beide Vorgänge intern. Dies sind keine akademischen Überlegungen, denn die Effizienz jedes einzelnen Umwandlungsvorgangs – und damit die Art der Wandlung – hat Auswirkungen auf Gewicht, Größe, Wärmeentwicklung und Kosten des Geräts. Effizientere Umwandlungsvorgänge mit entsprechender Verstärkung des Signals ermöglichen

kleinere und leichtere Modelle mit niedrigerer Betriebstemperatur. Der Kasten »Anforderungen an AC-Quellen« fasst die besprochenen Punkte zusammen.

Innerer Aufbau von AC-Quellen

Bild 1 zeigt den Aufbau einer linearen AC-Spannungsquelle. Am Eingang wird einphasige oder dreiphasige Wechselspannung in Gleichspannung umgewandelt. Nach der Gleichrichtung folgt die Filterung, um AC-Ripple, Breitbandrauschen und einwirkende Transienten zu eliminieren. Der Puffer gleicht die Auswirkungen von Netzunterbrechungen und -einbrüchen aus. Die gepufferte Energie wird anschließend genutzt, um den Ausgangsverstärker zu speisen. Ein Oszillator in der Spannungsquelle erzeugt eine programmierte Kurvenform kleiner Leistung. Aus praktischen Gründen sind typische Kurvenformen in Form von Abtastwerten abgespeichert. Infolgedessen sind die erzeugten Kurvenformen identisch und unabhängig von der Ausgangsfrequenz. Schließlich wird die Kurvenform bis auf das

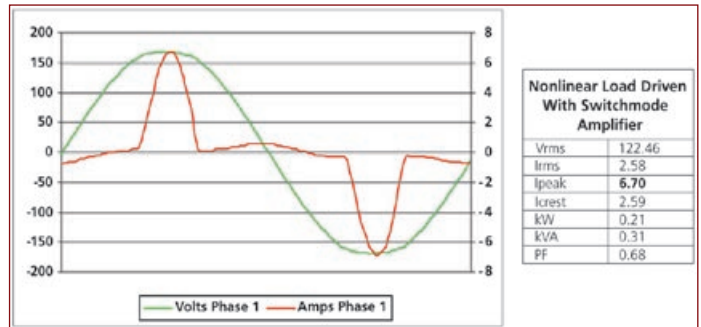


Bild 4: Spitzenstromverhalten einer getakteten Spannungsquelle

gewünschte Spannungs- und Leistungsniveau verstärkt. Bei komplexen Lasten kann es erforderlich sein, die Ausgangsimpedanz des Verstärkers festzulegen oder über eine Rückkopplung zu regeln. Die große Bandbreite des linearen Verstärkers ist ideal, um komplexe Kurvenformen möglichst genau zu generieren.

Lineare AC-Spannungsquellen liefern Ausgangskurvenformen mit niedriger Verzerrung und reproduzieren die Oszillator-Kurvenform sehr genau, da der Verstärker im Normalfall nicht in den Sättigungsbereich gesteuert wird. Allerdings sind solche Geräte sehr ineffizient. Zu den linearen Verstärkern gehören Architekturen der Klassen A, B und AB, wobei sich die Buchstaben auf die Art der Ausgangsstufe beziehen. Verstärker der Klasse A haben typischerweise einen Wirkungsgrad von unter 50%. Klasse-B- oder -AB-Verstärker können Spitzenwerte von mehr als 50% erreichen. Als Folge der niedrigen Effizienz sind Größe und Gewicht ein entscheidendes Thema bei derartigen Stromversorgungen. Dabei verfügen lineare AC-Quellen


jedoch über die volle Leistung bei einer großen Bandbreite, eine hervorragende Dynamik und eine möglichst geringe Ausgangsimpedanz. Der Kasten »Merkmale von linearen Verstärkern« fasst diese Punkte noch einmal zusammen.

Bild 2 zeigt den Aufbau einer getakteten AC-Spannungsquelle. Identisch zur linearen AC-Quelle sind die Aufbereitung der Netzversorgungsleistung und die Signalerzeugung durch den Oszillator. Allerdings wird bei einer getakteten Quelle das analoge Kleinsignal nicht direkt in einen linearen Verstärker geschickt, sondern es wird auf den Eingang eines Pulsweitenmodulators (PWM) mit einer Taktfrequenz gegeben, die um ein Vielfaches höher ist als der höchste Frequenzanteil der Kurvenform am Eingang. Solche

Anwendung	linear	getaktet
ATE-Tests von DC-Netzteilen	x	
400 Hz, Synchrones ATE-System	x	
Netzstörungssimulation in Forschung & Entwicklung	x	
Test von Stromzählern	x	
Netzstörungsnachbildung	x	
Lebensdauerprüfung in der Produktion (Frequenzumwandlung)		X
Prüfung von Leistungsschaltern		X
Prüfungen zum Nachweis der Sicherheit		X
Kommerzielle Gerätetests und Burn-in		X
Leistungs- und Sicherheitstests von Motoren		X

Tabelle 1: Typische Anwendungen für AC-Quellen mit dem jeweils sinnvoller einsetzbaren Verstärkertyp


Matthias Mansfeld Elektronik
Leiterplattenlayout
in: Zülken, Gerdlar • Flex, G08, Hochnorm etc.
 Neithardtstr. 3 • 35540 Haar
 Tel.: 089/462 0093-7, Fax: -8
<http://www.mansfeld-elektronik.de>


Telemeter Electronic
 HF- / Mikrowellentechnik
 Messen · Prüfen · EMV
 Heizen · Kühlen · Lüften
 Luftfahrtelektronik
 Stromversorgungen
 Antriebstechnik
 Logik-Bauelemente
 Kabel · Stecker · Gehäuse
Wir liefern Lösungen ...
www.telemeter.info

Merkmale von linearen Verstärkern

- Sehr niedrige Verzerrung des Ausgangssignals
- große Ausgangsbandbreite
- Erreichen hoher Crest-Faktoren bei vielfältigen Lasten, ohne die Kurvenform zu verzerren
- Ausgangsimpedanz lässt sich in weitem Bereich aktiv beeinflussen
- höhere Betriebstemperatur auf Grund der Ineffizienz der Klasse-A-, -B- und -AB-Verstärker
- größere Geräte auf Grund einer höheren Anzahl an Komponenten
- größeres Gewicht auf Grund einer höheren Anzahl an Komponenten

getakteten Verstärker heißen auch Klasse-D-Verstärker und liefern ein Ausgangssignal mit hohem Oberschwingungsanteil. Ein Tiefpassfilter nach der Endstufe entfernt hochfrequente Verzerrungen. Das Ausgangssignal des Tiefpassfilters ist eine verstärkte Ausführung des Eingangssignals.

niedrigerer Verlust in der Endstufe führt zu niedrigeren Betriebstemperaturen, und es lassen sich kleinere Komponenten einsetzen. Der Kasten »Merkmale von getakteten Verstärkern« fasst diese Punkte noch einmal zusammen. Tabelle 1 enthält typische Applikationen für AC-Spannungsquellen.

Merkmale von getakteten Verstärkern

- moderate Verzerrung des Ausgangssignals
- maximaler Strom in kapazitive und induktive Lasten mit sehr kleinem Leistungsfaktor
- maximaler Strom über den vollen Spannungsbereich ohne Derating
- geringere Ausgangsbandbreite als bei linearen AC-Quellen
- Ausgangsimpedanz lässt sich moderat steuern
- geringeres Gewicht auf Grund der höheren Verstärkereffizienz
- kleineres Gehäuse bedingt durch kleinere und weniger Komponenten
- niedrigere Betriebstemperatur bedingt durch höheren Wirkungsgrad des Verstärkers
- begrenzte Fähigkeit zur Reproduktion von sehr komplexen, transienten Kurvenformen

Da das Ausgangssignal aus pulsweitenmodulierten Abtastwerten abgeleitet wird, ist der prozentuale Anteil der Verzerrung größer als bei linearen Verstärkern der Klassen A, B oder AB. Allerdings ist der Wirkungsgrad der Klasse-D-Endstufe deutlich höher als bei linearen Verstärkern, typischerweise bis zu 80% oder mehr. Ein

Ob man eine lineare oder eine getaktete Architektur verwenden sollte, ergibt sich aus der jeweiligen Anwendung. Tabelle 2 enthält eine allgemeine Übersicht über die Vorteile beider Architekturen. Keine der beiden ist in allen Bereichen gleich gut. Wählt man eine für die jeweilige Anwendung überdimensionierte Quelle, kann

Funktion/Eigenschaft	linear	getaktet
hoher Wirkungsgrad		X
niedrige Betriebstemperatur		X
geringes Gewicht		X
kleine Größe		X
niedrige Kosten		X
Speisung in kleine Leistungsfaktoren		X
niedriger Klirrfaktor	X	
große Kleinsignalbandbreite	X	
große Großsignalbandbreite	X	

Tabelle 2: Funktionen und Eigenschaften von linearen und getakteten AC-Quellen

dies zu an sich unnötigen Kosten, Gewicht und Umweltbelastungen führen.

Bild 3 zeigt Ausgangsspannung und -strom eines typischen linearen Verstärkers an einer nichtlinearen Last. Besondere Beachtung verdient der Spitzenstrombedarf von 7,71 A, was zu einem Crest-Faktor von 2,78 führt, denn der Effektivwert des Stroms (RMS) liegt bei weniger als 3 A. Betreibt man diese Last mit einem linearen Verstärker, bleibt die

MITCHEL ORR



ist Vertriebsleiter von Pacific Power Source

Anwender diese Quelle zur Evaluierung des Prüflings eingesetzt, hätte er den Wirk- und Spitzenstrom unterbewertet und die lastinduzierte Spannungsverzerrung überbewertet.

Anforderungen an AC-Quellen

- Ausgangsspannungsbereich
- Ausgangsstrom mit Einschaltstrom und Überlast
- hoher Spitzenstrom für nichtlineare Lasten (mit hohem Crest-Faktor)
- Phasenwinkel des Ausgangsstromes (Leistungsfaktor)
- Präzise Reproduktion von individuellen Kurvenformen oder Kurvenformen mit hohem Oberschwingungsanteil oder beidem
- Erzeugen von schnellen Transienten
- Ausgangsspannungsverzerrung des Verstärkers
- Niedrige Ausgangsimpedanz des Verstärkers
- Programmiermöglichkeit
- Größe, Gewicht und Wirkungsgrad
- Einsatzbedingungen wie z.B. Temperatur
- Preis/Leistungs-Verhältnis

Kurvenform der Ausgangsspannung unverzerrt, und der Prüfling lässt sich uneingeschränkt evaluieren. Bild 4 zeigt dieselbe Last, diesmal angeschlossen an eine getaktete AC-Quelle. Hier zeigt sich, wie die Spitze der Spannungskurve (grün) dort abgeflacht ist, wo der Strombedarf der Last den maximal möglichen Crest-Faktor des Verstärkers überschreitet. Dieses »Clipping« (Abschneiden) ist eine direkte Folge der höheren Ausgangsimpedanz dieser Spannungsquelle. Die höhere Impedanz reduziert sowohl den möglichen Spitzenstrom als auch den Crest-Faktor. Hätte der

Liegen die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit im mittleren Bereich, lassen sie sich mit getakteten Spannungsquellen meist kosteneffizienter erfüllen. Ähnlich sieht es bei Lasten mit niedrigem Leistungsfaktor aus. Diese Anforderungen erfüllen getaktete AC-Quelle besser, da sie den vollen Strom in allen vier Quadranten liefern können. Für höchste Anforderungen jedoch sind lineare Quellen besser geeignet. Aber die Entscheidung, ob eine lineare oder eine getaktete Spannungsquelle besser ist, lässt sich nicht an einem einzelnen Kriterium festmachen, sondern hängt von einem Bündel von Anforderungen ab. Nur auf Basis von realistischen Anforderungen können Anwender eine objektive Entscheidung treffen. Sind die genauen Randbedingungen nicht bekannt, nimmt man am besten die Hilfe der Applikationsunterstützung seitens des Hersteller in Anspruch, da dieser über das entsprechende Hintergrundwissen verfügt. (rh)

Pacific Power Source/emv
 Telefon: 089/61 41 71 0
 www.emvgmbh.de