wirautomatisierer.de

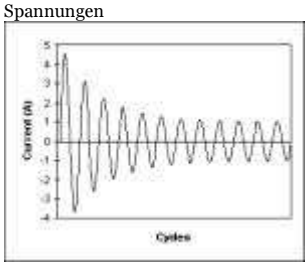
Spezifikationen und Terminologien bei AC-Quellen

Die Last mit der Last

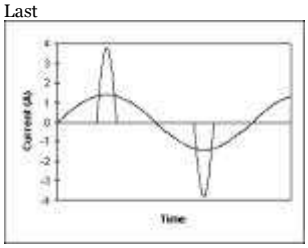
Hersteller elektrischer und elektronischer Geräte müssen eine hohe Produktqualität liefern, um global wettbewerbsfähig zu sein. Die Qualitätssicherung stellt hohe Anforderungen an die Prüftechnik. In vielen Teilen der Welt sind ungewöhnliche Spannungs- und Frequenzkombinationen üblich, und eine reine, zuverlässige Wechselspannung ist oft nicht vorhanden. Für Test und Simulation solcher Netzverhältnisse kommen Wechselspannungsquellen zum Einsatz, die für verschiedene Anwendungen erhältlich sind und oft mit herstellerspezifischen Daten angeboten werden, was die Auswahl einer geeigneten AC-Quelle schwierig macht.



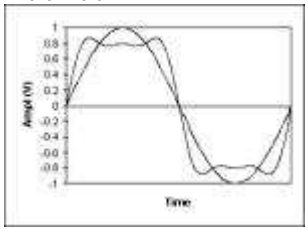
1 Wechselspannungsquellen für verschiedene Frequen-zen und Spannungen



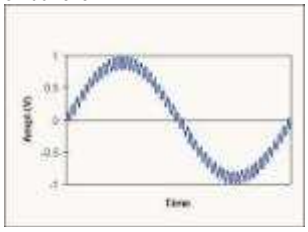
2 Einschaltstrom einer nicht linearen Last



3 Nicht sinusförmige Welle mit einem Scheitelfaktor von 2,7 und eine reine Sinuswelle mit gleichem Effektivwert



4 Reine und harmonisch gestörte Sinuswelle



5 Beispiel für harmonisches Rauschen

Hersteller elektrischer und elektronischer Geräte müssen eine hohe Produktqualität liefern, um global wettbewerbsfähig zu sein. Die Qualitätssicherung stellt hohe Anforderungen an die Prüftechnik. In vielen Teilen der Welt sind ungewöhnliche Spannungs- und Frequenzkombinationen üblich, und eine reine, zuverlässige Wechselspannung ist oft nicht vorhanden. Für Test und Simulation solcher Netzverhältnisse kommen Wechselspannungsquellen zum Einsatz, die für verschiedene Anwendungen erhältlich sind und oft mit herstellerspezifischen Daten angeboten werden, was die Auswahl einer geeigneten AC-Quelle schwierig macht.

Die Last, die an einer Wechselspannungsquelle angeschlossen werden soll, entscheidet über die geeignete Quelle. Lineare Lasten enthalten ausschließlich Blind-, induktiven oder ohmschen Anteil und können als LCR-Netzwerk bezeichnet werden. Da alle Elemente der Last linear sind, ist der gegenwärtige Stromfluss der Wechselspannungsquelle konstant, und die resultierende, gegenwärtige Wellenform folgt der Spannungswellenform mit einer bestimmten Phasenverschiebung. Der Winkel und die Richtung (Vor- oder Nacheilen) der Phasenverschiebung sind von den Elementen der Last abhängig. Allgemeine Beispiele für lineare Lasten sind Glühlampen und Elektromotoren. Lineare Lasten sind häufig eine Mischung von Widerständen, die alle Teilmengen linearer Lasten sind.

Lineare Lastanforderungen

Lineare Lasten sind einfach zu verstehen, sie beanspruchen jedoch die Quelle besonders beim Einschaltvorgang, da ein hoher Einschaltstrom fließt. Bei einer rein ohmschen Last ist der Einschaltstrom gleich dem Dauerstrom. Bei induktiven Lasten kann er beträchtlich höher sein und hängt vom Phasenwinkel der Spannung ab, bei dem die Last an die Quelle angeschlossen wird. Moderne AC-Quellen können Einschaltströme messen. Sonst kann ein Stromtransformator in Verbindung mit einem Speicheroszilloskop oder einem Leis-tungsanalysator verwendet werden, um den Einschaltstrom zu bestimmen. Der Worst-Case sollte erfasst werden (für kapazitive Lasten ist die Spannung einzuschalten bei 90° oder 270°). Außerdem ist die Zeit des Abklingens des Spitzenstroms zum Dauerstrom wichtig. Für Kondensatoren und Transformatoren ist diese normalerweise kürzer als eine Periode, bei Motoren kann es jedoch einige Perioden dauern, bis der Motor die gewünschte Drehzahl erreicht. Eine Quelle muss häufig einen viel höheren Strom liefern (das 8- bis 10-fache des Dauerstroms) während der Start-up-Phase. Wenn diese Start-up-Zeit einige Pe-rioden dauert, ist es notwendig, eine Quelle einzusetzen, die den geforderten Einschaltstrom auch als Dauerstrom liefern kann.

Viele präzise Quellen vermeiden diese Notwendigkeit dadurch, dass sie eine programmierbare Auszeit haben. Diese kann eingestellt werden, um Lasten zu versorgen, die längere Startzeiten

benötigen. In Wirklichkeit funktioniert die Quelle während dieser Zeit im Konstantstrom-Modus mit verringerter Ausgangsspannung. Praktische Beispiele für diese Art Lasten sind Waschmaschinen, Trockner oder Kühlräume und industrielle Motorapplikationen.

Nicht lineare Last-anforderungen

Bei einer nicht linearen Last hat der Strom aus der Quelle nicht die gleiche Sinusform wie die Spannung. Der Strom wird durch kurze Spitzen oder Teile einer vollen Periode gekennzeichnet. Dieses Phänomen wird häufig durch den Schaltkreis verursacht. Die meisten modernen IT-Geräte arbeiten mit Schaltnetzteilen zur Erzeugung der geforderten DC-Spannungen. Die wachsende Anzahl dieser IT-Geräte mit nicht linearen Lasten verursacht Lastprobleme, so genannte Harmonische, die andere Geräte beeinflussen können, die am selben Stromkreis angeschlossen sind. In dreiphasigen Netzen ergibt dies zusätzlich einen hohen Nullleiterstrom, der bei Transformatoren zur Überhitzung führen oder Sicherungen und Steuerungen beeinflussen kann. Außerdem kommt neben dem Effektivwert der Spitzenstrom als wichtige Größe hinzu.

Deshalb ist es notwendig, den sich wiederholenden Spitzenstrom sowie den Effektivwert des Stroms zu kennen. Das Verhältnis zwischen dem Höchstwert der gegenwärtigen Wellenform und seinem Effektivwert wird als Scheitelfaktor (SF) bezeichnet. Ein reiner Sinus hat einen Scheitelfaktor von 1,414. Üblicherweise haben nicht lineare Lasten Scheitelfaktoren bis Faktor vier.

Bei der Auswahl der Quelle sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass der zulässige Stromscheitelwert der Quelle unter maximalen Lastbedingungen spezifiziert wurde. Ist der von der Last geforderte Strom niedriger als der maximale Dauerstrom der Quelle, dann ist der zulässige Scheitelfaktor viel höher als unter Volllast. Manche Hersteller spezifizieren den SF nur im höheren Spannungsbereich, und dieser Wert ist höher, da der Dauerstrom kleiner ist. Ein hoher Scheitelfaktor kann aber eine hohe Spannungsverzerrung verur-sachen, was natürlich nicht wünschenswert ist. Normalerweise sind die SF-Werte ein beliebtes Maß für die Auswahl der Quellen, aber repetive Spitzenströme sind bei Wechselspannungsquellen bessere Bewertungskriterien als die SF-Werte.

Bereiche der Ausgangs-spannung

Die Summe der gesamten Ausgangsenergie, die von der Last gefordert wird, stellt normalerweise die Primärspezifikation dar. Dabei sollten jedoch einige weitere Faktoren berücksichtigt werden.

Die meisten Quellen bieten zwei Spannungsbereiche. Die maximale Energie ist bei der maximalen Ausgangsspannung vorhanden, folglich muss die Quelle bei einer 10%-igen Überspannung an 115 V mindestens 126,5 V leis-ten. Wenn die 10%-ige Überspannung an 230 V gefordert wird, dann muss die Quelle 253 V leisten können. Die VA-Bewertung der Quelle trifft jedoch bei der maximalen Ausgangsspannung zu. Eine 3-kVA-Quelle mit einer maximalen Ausgangsspannung von 300 V ist nur in der Lage, 10 A Effektivwert zu liefern. Die maximale Energie an 230 V beträgt folglich nur 2,3 kVA. Hat die Quelle nur einen Spannungsbereich, beträgt die maximale Energie bei 115 V nur 1,15 kVA. Eine 3-kVA-Quelle mit einer maximalen Ausgangspannung von 270 V bietet wesentlich mehr Energie als gefordert, wenn diese nur für 230-V-Anwendungen eingesetzt wird. Ein Effektivstrom von 11,1 A bei 230 V entspricht beispielsweise einer Leistung von 2,56 kVA; also 10% mehr. Deswegen ist auf die Angabe der Ausgangsspannung zu achten und es sollte nur so viel Leistung gewählt werden, wie tatsächlich benötigt wird.

Dauerstrom und Spitzenstrom

Obwohl der Dauerstrom am einfachsten zu messen ist, sollte nicht vergessen werden, ihn auch unter optionalen Bedingungen zu prüfen. Bestimmte Standards sehen die Stromprüfung bei 70% der Eingangsspannung vor. Befindet sich der Eingangsstromkreis in einem Dauerzustand, muss in diesem Fall der Strom um 43% höher sein als der Dauerstrom bei Nominalspannung. Also muss auch der von der Quelle geforderte VA-Wert entsprechend um 43% höher sein.

Viele Produkte haben einen ein- oder dreiphasigen Eingang, und manche Geräte, die viel Energie brauchen, lassen sich bei geringer Leistung auch einphasig betreiben. Wird die Quelle nur zu einer bestimmten Aufgabe eingesetzt, dann sind auch die Ausgangsspezifikationen vorgegeben. Oft werden die Quellen jedoch im Labor eingesetzt. Quellen mit einer Ausgangsleistung über 3 kVA können optional ein- oder dreiphasig in Betrieb genommen werden. Das ist nützlich aber nicht kosten-effektiv, wenn die Quelle nur für einphasige Anwendungen

eingesetzt wird.

Ausgangswellenformen

Eine Wechselspannungsquelle sollte immer einen sauberen Sinus liefern. Gebräuchliche Geräte zeichnen sich durch typische Verzerrung von 0,75% oder weniger aus. Nur manchmal wird ein Signal mit einer Verzerrung von 0,5% oder weniger gefordert. Weiterhin ist die Eigenschaft, die Wellenform bei einem bestimmten Phasenwinkel beginnen zu lassen, wichtig. Das heißt, dass Parameter wie Einschaltstrom im Worst-Case gemesen werden müssen.

Während alle Spannungsquellen Sinuswellen erzeugen, erfordern viele Anwendungen auch kompliziertere Wellenformen. Ist beispielsweise für eine Transientenprüfung nach Mil-STD-704 ein Netz zu simulieren, kommen so genannte Schaltverstärker zum Einsatz, die mit Hilfe digitaler Technik Wellenformen beliebiger Art erzeugen. So können definierte Harmonische den Wellenformen hinzugefügt werden.

Jede Wellenform, die nicht dem Standard entspricht, erfordert eine höhere Bandbreite der Quelle. Während die Last bei 60 Hz funktioniert, erfordert die 51. Harmonische eine Bandbreite von 3060 Hz. Die Frequenz ist eine der wichtigsten Parameter einer Quelle. Die meis-ten Anwendungen sind 50/60 Hz oder für 400 Hz (Avionik ausgelegt). Das europäische Eisenbahnnetz arbeitet mit 17 Hz, Netzversorgungen für die Si-mulation von Generatoranwendungen mit 45 bis 66 Hz und die Stromerzeugung für Avionikanwendungen mit 1 bis 5 kHz.

Rauschen und DC-Offset

Das unerwünschte Rauschen auf einer Welle ist eine Verzerrung und wird mit einem Verzerrungsanalyzer gemessen. Sie zeigt sich meist in Form von Oberwellen der vorhandenen Ausgangsfrequenz und wird gewöhnlich bis zu einigen kHz oder bis zur 50. Harmonischen gemessen. Rauschen kann aber auch aus niederfrequenten Störungen oder 50/60-Hz-Interferenzen bestehen. Hochfrequentes Rauschen tritt besonders bei Switch-Mode-Quellen auf und liegt außerhalb des Messbereichs des Eingangsschaltkreises des Equipments.

DC-Offset ist ebenfalls ein wichtiger Parameter. Quellen, die mit einem Ausgangstransformator arbeiten, werden keine reine Gleichspannung am Ausgang liefern, da die Gleichspannung durch den Transformator blockiert wird. Quellen, die eine Gleichspannung liefern können, haben einen direkt gekoppelten Ausgang und meistens noch ein Rest-DC-Offset; sogar im Wechselspannungsmodus, was bei bestimmten Las-ten Probleme bereiten kann. Deshalb sollten bei Quellen immer die Lastanforderungen mit Bezug auf die Kompatibilität des DC-Offsets geprüft werden.

Netz- und Lastregelung

Eine Wechselspannungsquelle sollte zwei vorgeschriebene Spezifikationen der Spannung einhalten: Normalerweise ist diese spezifiziert als Spannungsänderung am Ausgang infolge Netzschwankungen. Diese Spezifikation ist meist kein entscheidender Faktor für die Wahl einer Quelle. Für einige Anwendungen muss die vorgeschriebene Spezifikation der Last zwischen statischem und dynamischem Zustand quantitativ bestimmt werden.

Bei der statischen Lastregelung weisen viele präzise Quellen zusätzlich Abfrageleitungen auf, die direkt an der Last angeschlossen werden können. Diese messen die tatsächliche Spannung an der Last, und die Ausgangsspannung wird durch den Wellenformgenerator dementsprechend geregelt, womit Spannungsverluste in Anschlussleitungen kompensiert werden. Ist die Stromabnahme schwankend oder wird sie ausgeschaltet, folgt aus der Steuerschleife eine Überspannung, da die Steuerung der Quelle eine bestimmte Zeitkonstante aufweist. Bei konstanter Last arbeitet diese Regelung sehr gut, sie ist jedoch nicht schnell genug, um transiente Vorgänge zu simulieren.

Die dynamische Lastregelung beschränkt die Änderung der Ausgangsspannung, die durch eine momentane Änderung im Laststrom verursacht wurde. Diese Änderung wird von der Ausgangsimpedanz der Quelle bestimmt und kann nicht durch so genannte Sense-lines kompensiert werden. Bei einer Quelle mit einem Ausgangswiderstand von 500 mq und einen Laststrom von 10 A wird beim Schließen des Stromkreises wegen des Ausgangswi-derstands ein sofortiger Spannungsabfall von 5 V auftreten. Der gleiche Effekt tritt auf, wenn plötzliche Änderungen im Laststrom durch Spannungstransienten verursacht werden. Es ist daher wichtig, die dynamische Resonanz der Quelle sowie die quasistatische Lastregelung zu kennen. Die dynamische

Leistungsregelung wird üblicherweise durch eine Einstellzeit ausgedrückt. Dieses kann für Transienten und zu regelnde Testanwendungen ungeheuer wichtig sein. Spezielle Controller-Optionen sorgen für extrem schnelle Reaktionszeiten. Moderne Quellen zeichnen sich durch eine geringe Ausgangsimpedanz von weniger als 10 q und einem deutlich verbesserten dynamischen Verhalten aus.

Schutz der Quellegegen Überlast

Moderne Quellen sind außerdem gegen Temperatur-, Spannungs- und Stromschwankungen geschützt. Zwei Methoden kommen dabei allgemein zur Anwendung: Im konstanten Strommodus wird die Spannung an der Last verringert, sobald der vorgegebene Begrenzungsstrom erreicht wird. Das sorgt dafür, dass der Strom konstant bleibt und den maximalen Wert nicht überschreitet. Bei einem Kurzschluss verringert sich die Spannung fast auf 0 V und die Quelle stellt das als Dauerzustand ein. Diese Schutzmethode ist geeignet für Quellen, die Elektromotoren antreiben oder Gleichstromlasten versorgen. Dabei spielt der Ausgleich der Ausgangsspannung keine wichtige Rolle, es ist vielmehr darauf zu achten, dass sich die Quelle dabei nicht ausschaltet.

Beim konstanten Spannungsmodus wird die Ausgangsspannung auf kons-tantem Wert gehalten, bis der Strom den gegebenen Grenzwert übersteigt. Dann löst die Quelle das Ausgangsrelais aus und geht zur ursprünglichen Einstellung zurück. Diese Schutzart ist vorzuziehen, wenn die Last gegen hohe Ströme zu schützen ist oder wenn Einschaltströme gemessen werden sollen.

Programmierbarer oder manueller Controller

Da Quellen entweder mit einem manuellen oder einem programmierbaren Controller ausgerüstet sind, spielt neben den Kosten auch die Applikation eine wichtige Rolle bei der Auswahl. Viele Funktionen wie die Simulation von Netzstörungen oder Ausgleichsströmen lassen sich nur mit einem programmierbaren Controller realisieren.

Für den täglichen Laborgebrauch und bei Tests, bei denen unterschiedliche Wechselstromeigenschaften geprüft wer-den, ist eine manuell bedienbare Wechselspannungsquelle eine kostengünstige Lösung.

Programmierbare Quellen werden mit IEEE-488- (GPIB) oder RS232-Schnittstelle angeboten. Die Zahl der internen Programmregister in der Quelle kann bei Tests ein wichtiger Parameter sein. Das Laden der einzelnen Testschritte in den internen Speicher beschleunigt den Testprozess erheblich. Einige Quellen ermöglichen sogar automatische Test-abläufe.

Dipl.-Ing. (FH) Aytac Kurt ist Produktspezialist für AC-Quellen bei emv GmbH in Taufkirchen bei München

---

Alle Rechte vorbehalten
Vervielfältigung nur mit Genehmigung der Konradin Mediengruppe