

Langstreckenläufer mit Sprinterqualitäten

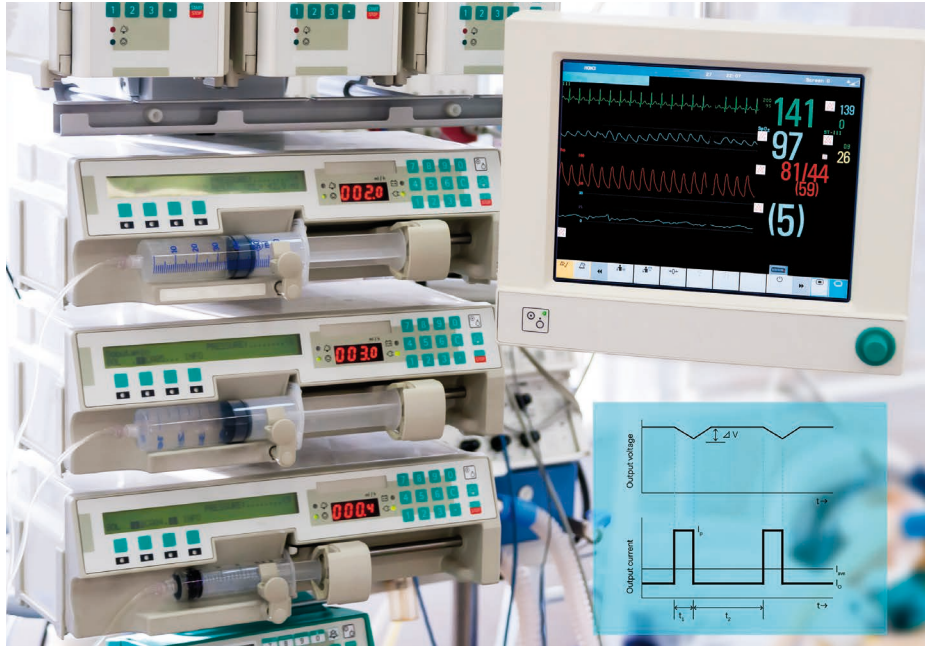


Bild 1: Spitzenlaststrom der Infusionspumpe © PRBX/ Superstar-Shutterstock

Stromversorgungen sind allgegenwärtig, und es gibt keine elektronischen Geräte ohne sie. Es gibt so viele Stromversorgungslösungen wie es Anwendungen gibt, von Körpersensoren, die mit geernteter Energie betrieben werden, bis hin zu Hochleistungssystemen für medizinische Bildgebungssysteme wie MRT.

Medizinische Stromversorgungen haben alle die gemeinsame Anforderung, sicher, zuverlässig und energieeffizient zu sein.

Während die große Mehrheit der medizinischen Geräte konventionelle Stromversorgungen benötigt, die sich an ihre Betriebsbedingungen anpassen, indem sie Tag für Tag während ihrer Lebensdauer eine konstante Leistung liefern, erfordern bestimmte Kategorien von Anwendungen eine Stromversorgung, die entweder gelegentlich oder wiederholt Spitzenleistung liefert.

Bei solchen Anwendungen müssen die Hersteller medizinischer Geräte eine Reihe von Parametern berücksichtigen, um sicherzustellen, dass die von ihnen ausgewählte Stromversorgung nicht nur einen Marathon laufen kann, sondern bei bestimmten Anwendungen auch in der Lage ist, ein Sprintrennen zu absolvieren, ohne dabei Kompromisse bei Sicherheit, Leistung und Zuverlässigkeit einzugehen.

Was ist zu beachten?

Worauf ist zu achten, wenn ein Langstreckenläufer die Fähigkeiten eines Sprinters erfordert?

Während es für Hersteller medizinischer Geräte selbstverständlich ist, dass eine

Stromversorgung den Sicherheitsnormen (EN/ IEC 60601-1) entsprechen muss, hängt ihre Ausgangsleistung sehr stark vom Lastverhalten des Endgeräts ab. Während bei Überwachungs- und Kontrollsystemen der Stromverbrauch relativ stabil und leicht vorhersehbar ist, muss das Netzteil bei medizinischen Geräten wie Patientenbetten, Infusionspumpen, unterstützter Patientenbeatmung einschließlich Gleichstrommotoren und elektromechanischen Schaltern, die sich als induktive oder kapazitive Lasten verhalten, unter Umständen für einen Zeitraum von einigen Millisekunden bis Sekunden zusätzliche Leistung liefern (Bild 1). Obwohl die Dauer der Leistungsspitzen im Verhältnis zur normalen Betriebszeit als kurz angesehen werden kann, müssen sie dennoch ernsthaft in Betracht gezogen werden, um kostspielige Überraschungen zu vermeiden.

Art der Last ist entscheidend

Abgesehen von der Ausgangsspannung und -leistung ist die Art der Last ausschlaggebend dafür, was der Systemdesigner berücksichtigen muss. Es gibt viele Möglichkeiten, und in einigen Anlagen muss die Hauptstromversorgung eine Vielzahl von Systemen und Untersystemen mit unterschiedlichen Lastprofilen versorgen, was natürlich komplexer ist. Zur Vereinfachung können wir vier grundlegende Arten von Lasten auflisten:

- induktive
- kapazitive
- Konstantstrom
- nichtlineare Widerstandslasten



Autor:
Patrick Le Fèvre
Chief Marketing and Communication Officer
PRBX
www.prbx.com

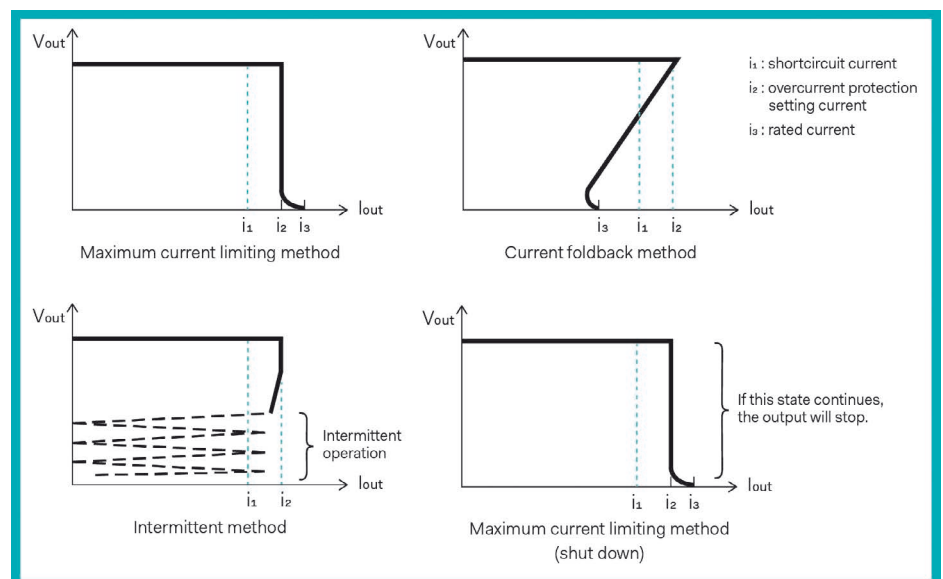


Bild 2: Typische Überstromschutz (OCP) Kennlinien (© PRBX/ COSEL)

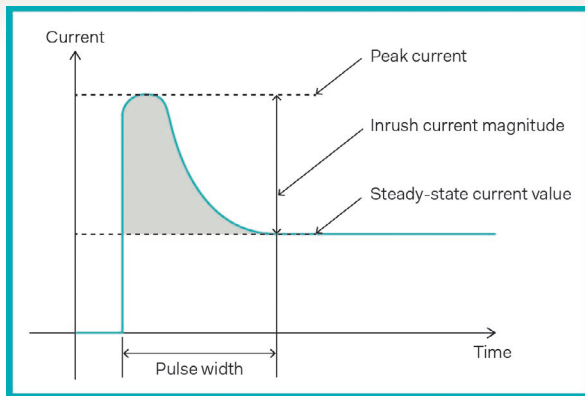


Bild 3: Wenn sich Kondensatoren aufladen, steigt der Strom sehr schnell von Null auf den Spitzenstrom an und sinkt dann allmählich auf den Beharrungsstrom ab. © PRBX

Sie alle haben ein spezifisches Verhalten, das bei der Auswahl eines Netzteils für die jeweilige Anwendung zu beachten ist.

Typische Lasttypen:

Induktive Last:

Lasten wie Elektromotoren und elektromagnetische Schalter (z. B. Relais, Magnetschalter) mit einer induktiven Eigenschaft werden als induktive Lasten bezeichnet. Beim Anlegen einer Spannung an einen Gleichstrommotor fließt durch die Last ein Strom, der ein Vielfaches des Nennwerts beträgt; beim Abschalten der Spannung wird aufgrund der induktiven Komponente der Last eine Spannung der elektromotorischen Gegenkraft $E = -L \times (di/dt)$ erzeugt.

Beim Anlegen einer Spannung an eine induktive Last kann das Netzteil die für den Spitzenbedarf erforderliche Energie im Allgemeinen nur bis zur Grenze seiner Überstromschutzfunktion (OCP) aufrechterhalten (Bild 2). Ein Überschreiten dieser Grenze, und sei es auch nur für eine sehr kurze Zeit, kann dazu führen, dass die Stromversorgung unterbrochen wird. Aus diesem Grund muss die Spitzenlast genau definiert werden, um ein geeignetes Netzgerät mit einem Überstromschutz zu wählen, der die Spitzenleistung für eine bestimmte Zeit und in einer bestimmten Abfolge zulässt. Außerdem kann beim Abschalten der Last aufgrund der erzeugten elektromotorischen Gegenspannung (die in den meisten Fällen von den Elektrolytkondensatoren des Netzteils absorbiert wird) der Überspannungsschutz des Netzteils ausgelöst werden, was das Netzteil abschalten lässt. In diesem Fall sollten Maßnahmen wie der Einbau einer Entkopplungsdioden ergriffen werden.

Kapazitive Last:

Eine Last mit einem überwiegend kapazitiven Verhalten wird als kapazitive Last bezeichnet. Dies sind z. B. Kondensatoren, die zur Verringerung der Brummspannung des Netzteils eingesetzt, oder Kondensatoren, die zur Bewältigung von Lastspitzen verwendet werden.

Bei dieser Art von Last fließt im Moment des Anlegens einer Spannung kurzzeitig ein sehr großer Ladestrom $I_{peak} = (U/R)$, wobei R der (parasitäre) Serienwiderstand ist, da keine Ladung im Kondensator vorhanden ist. Zwar überwacht und regelt das Netzteil die Ausgangsspannung, doch wenn ein großer Kondensator (über mehrere zehntausend Mikrofarad) in den Ausgang eingefügt wird, kann dies möglicherweise zu einem Fehlverhalten der Regelung und Instabilität der Ausgangsspannung führen. Für Systementwickler ist es wichtig, die Gesamtkapazität der in ihren Geräten installierten Kondensatoren zu berücksichtigen und die Fähigkeit der Stromversorgung zu überprüfen, die erforderliche Spitzenenergie zu liefern, die zum effizienten Aufladen der Last erforderlich ist, was in einigen Anwendungen mehrere Farad betragen kann.

Konstantstrom-Last:

Eine Last, bei der der Strom konstant bleibt, obwohl die Lastspannung schwankt, wird als Konstantstromlast bezeichnet. Ein Beispiel hierfür ist die LED-Beleuchtung in Operationssälen. Es ist wichtig, die Art des in der Stromversorgung eingebauten Überstromschutzes zu berücksichtigen. Handelt es sich bei der Überstromschutzkennlinie des Netzteils beispielsweise um einen Stromrücklaufschutz, kann die Ausgangsspannung möglicherweise nicht ansteigen (Bild 2). Dies liegt daran, dass sich beim Anstieg der Ausgangsspannung ein Arbeitspunkt auf dem abfallenden Bereich der Überstromschutzkennlinie einstellt, der von der Regelung als zulässig und stabil angesehen wird, obwohl die Ausgangsspannung nicht ihren Nennwert erreicht hat. In der Regel kann das Problem gelöst werden, indem die Überstromschutzkennlinie durch eine Maximalstrombegrenzung ersetzt wird.

Nicht linearer Widerstand:

Einige Geräte verwenden Heizelemente oder Lampen mit Glühfäden, bei denen sich der Widerstand ändert, wenn Strom durch sie fließt. Auch wenn diese Aufwärmphase mit einer monotonen Widerstandsänderung nur kurz andauert, kann dies für die Stromversorgung wie ein Konstant-

strom aussehen, der den Schwellenwert für den eingebauten Überstromschutz überschreitet.

In den vorangegangenen Kurzbeschreibungen wurde bereits der Überstromschutz erwähnt, der ein sehr wichtiger Bestandteil eines Netzteils ist. Er gewährleistet, dass die Stromversorgungseinheit im Falle einer Überstromsituation, die zufällig oder als Folge eines Geräteausfalls auftreten kann, das Gerät schützt und den Fehler schließlich durch ein Signal an den Bediener, z. B. eine LED oder ein über den Kommunikations-BUS übertragenes Signal, anzeigt.

Verhalten bei Überstrom

Wenn der Ausgangsstrom/die Ausgangsleistung einen bestimmten Grenzwert überschreitet, können, wie bereits erläutert, verschiedene Arten von Schäden innerhalb der Stromversorgung oder in den zu versorgenden Geräten auftreten. Die Schutzschaltung verhindert nicht nur, dass der Strom den Nennwert überschreitet, sondern hat auch die Aufgabe, einen möglichen Kurzschlussstrom zu begrenzen. Je nach Art der Anwendung und den spezifischen Systemanforderungen kann die Aktivierung der OCP verschiedene Auswirkungen haben: Der Ausgang kann mit einer manuellen Rückstellung dauerhaft abgeschaltet werden, mit einer automatischen Rückstellung vorübergehend abgeschaltet werden oder sich als fester, aber sicherer Konstantstrom verhalten (Bild 2).

Schneller Stromanstieg

Wenn eine Stromversorgung oder ein elektrisches Gerät eingeschaltet wird, fließt ein hoher Anfangsstrom in die Last, der bei Null beginnt und bis zum Erreichen eines Spitzenwertes ansteigt. Der Hauptgrund für diesen anfänglichen Spitzenwert ist die Aufladung der großen Entkopplungs- oder Glättungskondensatoren in der Stromversorgung und im Endgerät. Während dieser Sequenz, wenn sich die Kondensatoren aufladen oder die Geräte aus dem kalten Zustand kommen, steigt der Strom sehr schnell von Null auf den Spitzenstrom an und sinkt dann allmählich auf den Dauerstrom (Bild 3).

Während dieses Zeitraums muss das Netzteil genügend Energie liefern, um die Kondensatoren

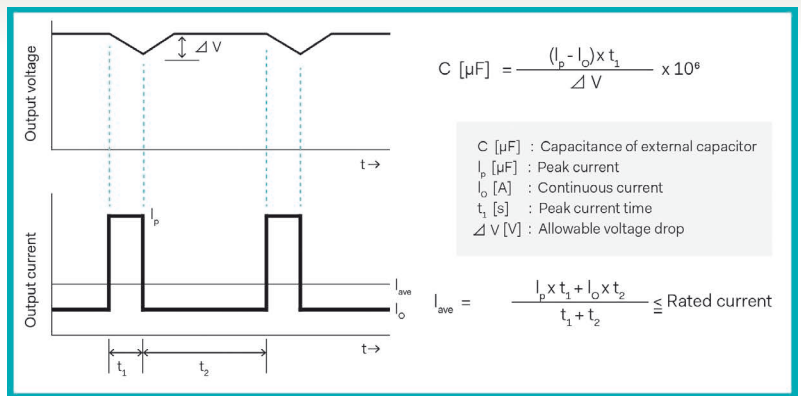


Bild 4: Einfluß von Spitzenlasten auf die Auslegung der Ausgangskondensatoren © PRBX

aufzuladen und die Last mit der erforderlichen Leistung zu versorgen, ohne dass der Überstromschutz (OCP) aktiviert wird und der Ausgang abgeschaltet wird. Außerdem können sich manche Lasten anfangs wie ein Kurzschluss verhalten und erfordern, dass das Netzteil nicht in den Schutzmodus übergeht. Um dieser Startsequenz Rechnung zu tragen, sind Netzteile so ausgelegt, dass sie einen gewissen Überstrom zulassen, und es ist üblich, den OCP-Schwellenwert auf etwa 110 % des maximalen Nennwerts festzulegen.

Wenn 110 % nicht ausreichen

110 % sind für die meisten Anwendungen ausreichend, doch bei anspruchsvollen medizinischen Geräten, die sekundenlang Spitzenleistungen im Bereich von 200 bis 300 % erfordern, reichen 110 % nicht aus, und es ist ein Netzteil erforderlich, das nicht nur eine hohe Spitzenleistung liefern, sondern auch höchste Zuverlässigkeit während der gesamten Lebensdauer des Endgeräts gewährleisten kann.

Einen Marathon mit Sprinterqualitäten laufen

Ein einfacher Weg, um sicherzustellen, dass die Stromversorgung genügend Energie liefert, wenn eine zusätzliche Spitzenleistung erforderlich ist, besteht darin, ein Netzteil zu wählen, das für die maximale Leistung ausgelegt ist, die während des Spitzenbedarfs benötigt wird. Wenn beispielsweise die maximale Dauerleistung eines Geräts 500 W und die Spitzenleistung 1000 W beträgt, könnte der Systementwickler unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen, z. B. Eingangsspannung, Umgebungstemperatur, notwendige Leistungsreduzierung usw., ein 1200-W-Netzteil als geeignetste Lösung in Betracht ziehen.

Dies scheint offensichtlich, aber übertrieben zu sein, wenn der Spitzenwert nur gelegentlich auftritt. Zum Beispiel, wenn ein Gleichstrommotor für die Positionierung eines Patientenbettes aktiviert und dann abgeschaltet wird und das Netzteil dann nur noch das Steuersystem mit Strom versorgt. Ähnlich übertrieben ist es bei Systemen, die für eine begrenzte Zeit wiederkehrende Spitzenlasten benötigen, im Vergleich zu Systemen mit konstanter Leistung.

Auswahl des Netzteils

Bei der Auswahl eines Netzteils für Spitzenlastanwendungen muss man die Betriebsbedingungen während der Lebensdauer des Geräts bewerten und alle Aspekte, einschließlich Größe, Gewicht und Preis, in Betracht ziehen. Ein 1200-W-Netzteil zu kaufen, wenn die Spitzenlast nur einen begrenzten Teil des Betriebs ausmacht, ist möglicherweise nicht die beste Option.

Leistungsspitzen überstehen

Die Hersteller von Netzteilen haben Lösungen entwickelt, die in der Lage sind, über einen



Bild 5: COSEL Netzteile für medizinische Anwendung liefern bis zu 300 % Spitzenlast.
© PRBX/COSEL/WHYFRAME-Shutterstock

längeren Zeitraum eine erhebliche zusätzliche Leistung in der Größenordnung der doppelten, oder sogar noch mehr, maximalen Nennleistung zu liefern. Dies setzt voraus, dass die Stromversorgungseinheit so ausgelegt ist, dass sie genügend Kondensatoren aufnehmen kann (Bild 4), aber auch, dass die Stromversorgungseinheit in der Lage ist, wiederholte Leistungsspitzen ohne Überhitzung oder Beeinträchtigung der Zuverlässigkeit auszuhalten.

Ein Beispiel

Als Beispiel können wir einen kurzen Blick auf das Verhalten der Ausgangsspannung der 600 W COSEL AEA600F Serie (Bild 5) werfen, wenn eine Spitzenlast an den Ausgang angelegt wird. Bei dem getesteten Produkt handelt es sich um ein 600-W-Netzteil, das 24 V bei einem Dauer-Nennstrom von 25 A liefert. Wie in Bild 6 dargestellt, wurden die Stromversorgungseinheit und die Ausgangskondensatoren so ausgewählt, dass sie eine Spitzenleistung, die doppelt so hoch ist wie die Nennleistung, für eine Dauer von 1000 Millisekunden aufrechterhalten können. In Bild 6 sind zwei Zustände dargestellt: Laständerung von Leerlauf auf 52,5 A Spitze und von 12,5 A Halblast auf 52,5 A Spitze. In beiden Fällen bleibt die Spannung innerhalb der vorgegebenen Grenzen, und OCP schaltet den Ausgang nicht ab.

Fazit

Einen Marathon mit der Leistung eines Sprintrennens zu laufen, ist bei medizinischen Stromversorgungen Realität, und während die große Vielfalt an Anwendungen unterschiedliche Arten von Stromversorgungen erfordert, erleichtert die Technologie den Systementwicklern die Auswahl der richtigen Produkte für ihre Anwendungen. Ganz zu schweigen von den fantastischen Möglichkeiten, die sich durch neue Technologien wie Wide Band Gap-Halbleiter, Superkondensatoren und digitale Steuerung ergeben, die in der nächsten Generation von Stromversorgungen Einzug halten und das Leben der Stromversorgungsdesigner so spannend machen.

Link: COSEL: <https://en.cosel.co.jp/>

Wer schreibt:

Patrick Le Fèvre, Chief Marketing and Communications Officer für Powerbox, ist leitender Marketing-Manager und Diplom-Ingenieur mit 40 Jahren Erfahrung in der Leistungselektronik. Er hat Pionierarbeit bei der Vermarktung neuer Technologien wie der digitalen Stromversorgung und bei technischen Initiativen zur Senkung des Energieverbrauchs geleistet. Le Fèvre ist der Verfasser zahlreicher White Papers und Artikel, die er auf den weltweit führenden internationalen Konferenzen für Leistungselektronik vorgestellt hat. ◀



Bild 6: Lastsprungverhalten des COSEL AEA600F Netzteils © PRBX/COSEL