

# SOS – System ohne Sicherheit?

## Redundante Module schützen vor Ausfällen der Stromversorgung

Die zuverlässige Funktion eines Systems ist wichtig: sie kann Leben retten. Um von vornherein einen Systemausfall zu vermeiden, der weitreichende Folgen haben kann, lässt sich über den Einsatz von redundanten Komponenten in der Applikation das Risiko der Ausfallwahrscheinlichkeit signifikant senken. Quel zeigt, wie dies in der Praxis bei einer Stromversorgung funktioniert.

*Autor: Josef Vorpeil*

**D**as Wort Redundanz wird unterschiedlich definiert; aus dem lateinischen stammend (*redundans*) bedeutet es so viel wie im Überfluss vorhanden. Es teilt sich in verschiedene Arten von Redundanzen. Die funktionelle Redundanz wird in sicherheitskritischen Systemen eingesetzt, wo ein Systemausfall nicht akzeptabel ist und weitreichende Folgen hat. Um diese Anforderung zu erfüllen, legen Entwickler die Teilsysteme mehrfach parallel an, damit beim Ausfall einer Komponente eine andere den Dienst übernimmt. Insbesondere in Flugzeugen werden hydraulische, mechanische und elektronische Systeme miteinander kombiniert, um die Ausfallwahrscheinlichkeit des

Gesamtsystems auf ein absolutes Minimum zu reduzieren. In der Leistungselektronik werden redundante Stromversorgungen durch Dioden oder p-Kanal-Power-Mosfets im Ausgang voneinander entkoppelt, damit sie sich nicht gegenseitig beeinflussen können. Die Einzelspannungsgeräte von Quel erfüllen diese Anforderung; sie lassen sich auf den Betrieb mit einfacher Redundanz aufrüsten oder sind bereits dementsprechend ausgestattet.

### Redundanzen für den Fall der Fälle

Die N+1-Redundanz bedeutet, dass ein System aus N+1 Einheiten besteht und N Einheiten zur Aufrechterhaltung der Funktion be-





Die Stromversorgung wird über den im frontseitig bedienbaren Ziehgriff integrierten Schalter aktiviert.



Das Standard-Baugruppenträger-Rack hat Abmessungen von 6 HE Höhe und 295 mm Tiefe; die Sonderausführung ist 4 HE hoch und 355 mm tief.



Blei-Gel-Batterien im Bereitschaftsparallelbetrieb lassen sich über Ladegleichrichter-module schonend laden.

nötigt werden. In der Leistungselektronik bedeutet dies, dass zu jedem Zeitpunkt auch bei Ausfall einer Komponente der Leistungsbedarf des Gesamtsystems gedeckt bleiben muss. Fällt ein aktives Gerät aus, so kann die Funktion der defekten Einheiten dadurch aufrechterhalten werden, dass eine bis dahin nicht stromführende Einheit den Ausfall durch Zuschaltung kompensiert (kalte Redundanz) oder dass alle N+1-Einheiten im Normalbetrieb arbeiten und der Ausfall einer Einheit durch alle noch aktiven Komponenten aufgefangen wird (heiße Redundanz). Der Vorteil der heißen Redundanz, wie sie die Quel-Geräte bieten, ist eine sofortige Verfügbarkeit der maximal erforderlichen Leistung.

Ein genereller Nachteil der N+1-Redundanz ist, dass bei einem weiteren Ausfall einer aktiven Einheit das System nicht mehr voll zur Verfügung steht und damit in der Regel als ausgefallen betrachtet wird. Dem steht der Vorteil einer wesentlich höheren Wirtschaftlichkeit gegenüber.

Eine weitere Art ist die homogene Redundanz. Dabei arbeiten gleiche Komponenten parallel miteinander. Mit dieser Auslegung lässt sich der Entwicklungsaufwand durch identische Komponenten reduzieren. Diese Auslegung sichert gegen zufällige Ausfälle wie Alterung, Verschleiß und erhöht die Gesamtzuverlässigkeit. Bei inhomogener Redundanz koppelt der Entwickler Komponenten unterschiedlicher Hersteller zusammen, um das Restrisiko von Entwicklungs- und Fertigungsmängeln gleicher Hersteller zusätzlich noch auszuschließen. Dies bringt aber den Nachteil schlechterer Wirtschaftlichkeit und potentieller Probleme im Zusammenspiel der Einzelkomponenten mit sich.

## Schaltereinsatz zum Austausch

Damit die zu versorgenden Systeme, zum Beispiel Kraftwerksleitwarten, unterbrechungsfrei weiter laufen können, müssen die Stromversorgungen, wenn ein Fehler auftritt während des Betriebes ausgetauscht werden können (Hot Swapping). Im Anwendungsfall bei Stromversorgungssystemen sind hochkapazitive Kondensatoren verbaut. Damit beim Laden dieser Kondensatoren keine hohen Spitzenströme über die Kontakte der Steckverbindungen fließen, entwickelte Quel eine Lösung. Dabei erfolgt die Stromversorgung über einen Schalter, der im frontseitig bedienbaren Ziehgriff integriert ist. Durch diese Schaltfunktion ist ein einfaches Austauschen der Module auch während des Betriebes möglich.

## Konvektionskühlung

Damit die Geräte eine sehr hohe Ausfallsicherheit bieten, wurde auf mechanische Bauelemente wie Lüfter verzichtet. Zusätzlich werden die internen Temperaturen durch einen bewusst luftigen Aufbau gering gehalten. Trotzdem stehen 400 W in 21 TE bei

## Auf einen Blick

### Redundanz in Systemen

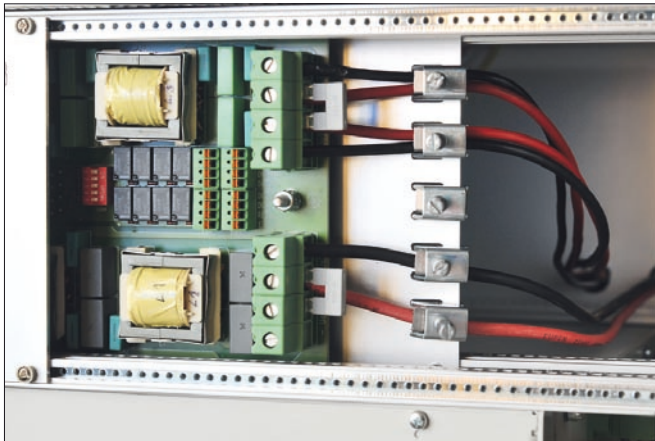
Das Wissen um Redundanzen und deren Einsatz in der Leistungselektronik setzen einen Meilenstein, um die Sicherheit von Systemen zu fördern beziehungsweise um die Ausfallwahrscheinlichkeit auf ein absolutes Minimum zu reduzieren. Viele Geräte stellen diese Funktion bereits bereit oder lassen sich aufrüsten.

**infoDIREKT** [www.all-electronics.de](http://www.all-electronics.de)

205ejl0212







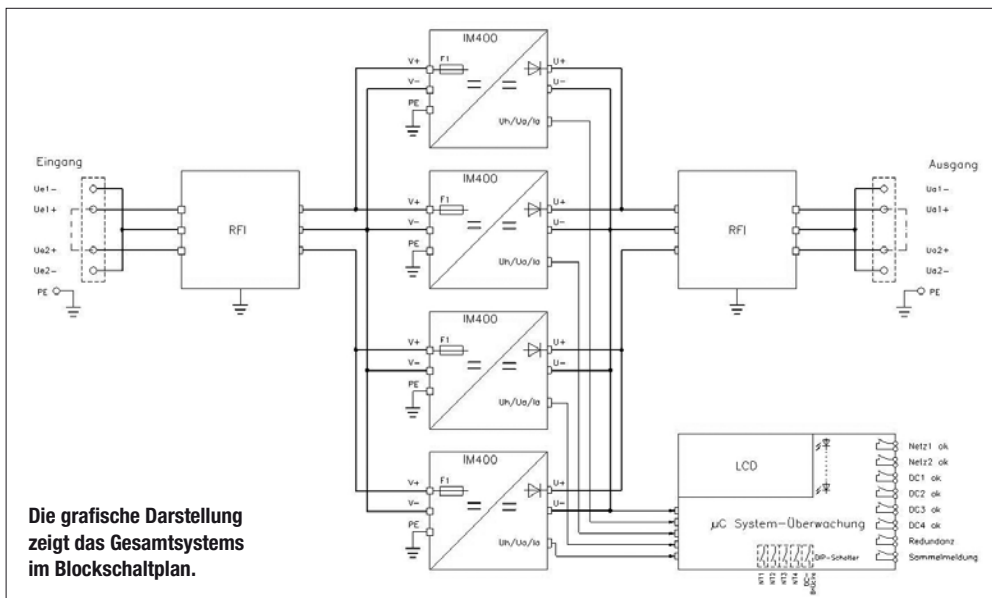
Die am Rack befestigte Anschlussplatine dient der flexiblen Verkabelung der bis zu vier Stromversorgungen.

220 mm Baugruppentiefe zur Verfügung (48 VDC-DC Betrieb, Einspeisung mit 220 VDC). Der Wirkungsgrad in diesem entkoppelten System beträgt 92 %.

### Baugruppenträger

In einem 6 HE hohen, 295 mm tiefen (oder als Sonderausführung mit 4 HE hohem und 355 mm tiefen) Rack können 1600 W oder bis zu vier Stromversorgungen zusammen mit einer Anzeige- und Überwachungseinheit platziert werden. Der Baugruppenträger (BGT) verfügt über die drei Einspeisemöglichkeiten: von oben, unten oder auch seitlich zugentlastet. Neben der DC-Einspeisung ist wahlweise auch AC- oder AC- und DC-Mischbetrieb möglich. Die am Baugruppenträger befestigte Anschlussplatine übernimmt die einfache Verkabelung der bis zu vier Stromversorgungen mit zusätzlicher gemeinsamer Ein- und Ausgangsfilterung. Beim Verdrahten über die Anschlussplatine ist zu beachten, dass alle Stromversorgungen eingangs- und ausgangsseitig jeweils auf einem gemeinsamen Bezugspotential liegen.

Die am 19-Zoll-Rack befestigte Anschlussplatine dient der flexiblen Verkabelung der bis zu vier Stromversorgungen mit zusätzlicher gemeinsamer Ein- und Ausgangsfilterung. Beim Verkabeln über die Anschlussplatine ist zu beachten, dass alle Stromversorgungen auf einem gemeinsamen Bezugspotential liegen.



Die grafische Darstellung zeigt das Gesamtsystems im Blockschaltplan.

### Überwachen und Redundanz

Bei der N+1-Redundanz steht immer ein Gerät, das die Ausfallsicherheit erhöht parat, um im Notfall den Strom eines ausfallenden Gerätes zu übernehmen. Über einen DIP-Schalter am Baugruppenträger wird die Anzahl N der Geräte eingestellt (N = 2 bis 4). Der Controller misst den Gesamtstrom der Anlage und kann aus der Geräteanzahl und dem Gesamtstrom das Verhalten der Redundanz berechnen, ermitteln und anzeigen. Beim Unterschreiten der Leistungsreserve eines Gerätes gibt es eine Alarmmeldung, die alle 10 Sekunden überprüft wird. Über die DIP-Schalter erfolgt die Einstellung, ob die Anlage paarweise oder als Gesamteinheit überwacht werden soll. Die Spannungen der bis zu vier Ausgänge und deren Ströme werden angezeigt. An Relaisfunktionen stehen vier DC-Ok-Signale für jeden Ausgang, die Netzüberwachung für maximal zwei Einspeisernetze, Redundanz Ok und Summenmeldung Ok mit maximal 1 A Kontaktbelastung bei 60 V zur Verfügung.

Um im Eingang auch mehrfach redundant einspeisen zu können, haben sich die drei Modultypen mit unterschiedlichen Netzeingangs- und Ausgangsbedingungen herauskristallisiert:

- Batterie-Bereitschaftsparallelbetrieb
- AC-DC-Betrieb
- DC-DC-Betrieb

Die Ladegleichrichtermodule sind zur schonenden Ladung von Blei-Gel-Batterien im Bereitschaftsparallelbetrieb ausgelegt. Geladen wird nach IU-Ladekennlinie (Konstantstrom / -Spannung). Die voreingestellte Ladeschlussspannung von 2,3 V / Zelle kann am Modul nachjustiert werden. Das Lademodul ist im Netzeingang Power-Faktor-korrigiert nach der Norm EN61000 Teil 3-2. In einem 19-Zoll-Baugruppenträger passen bis zu drei Module mit Batterie- und Redundanzüberwachung.

### AC-DC- und DC-DC-Module

Die AC-DC-Module sind zur Versorgung aus dem 230-VAC-Netz ausgelegt und tolerieren eine Eingangsspannungsschwankung von maximal  $\pm 20\%$ . Der Netzeingangsstrom wird Power-Faktor-korrigiert, um die spezifischen Anforderungen nach der Norm EN61000 Teil 3-2 zu erfüllen. Die DC-DC-Konverter-Module eignen sich hingegen zur Einspeisung aus Gruppenbatterien oder Generatoren, die einen DC-Ausgang besitzen. Sie transformieren die Eingangsspannung in eine vom Eingang potentialgetrennte Ausgangsspannung. Der Ausgang ist kurzschlussfest. In einem 19-Zoll-Baugruppenträger passen bis zu vier Module mit Redundanzüberwachung.

Der Betrieb der verschiedenen einzelnen Module wird durch eine LED angezeigt. Der Anschluss erfolgt über H15-Steckerleisten. Jedes Modul ist einzeln durch eine Diode entkoppelt und beliebig mit weiteren Modulen parallelisierbar. Die Anzahl der eingesteckten Module, sowie die Art der Redundanz, werden über DIP-Schalter auf der Rückwandplatine einmalig bei der Inbetriebnahme parametrisiert. (rao)

Der Autor: Dipl.-Ing. Josef Vorpeil ist Gründer der Firma Quel in Alzenau bei Frankfurt am Main.