

# USV-Parallelbetrieb ohne Kommunikationsleitungen

Peter Wasinger

**Um unterbrechungsfreie Stromversorgungen am Ausgang parallel betreiben zu können, ohne die Wechselrichter über separate Kommunikationsleitungen parallel zu betreiben, gibt es die Hot-Sync-Technik. Diese verändert Frequenz und Phasenlage abhängig von der Last und bewirkt auf diese Weise Synchronisation und gleichmäßige Lastaufteilung.**

Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) bilden die einzige Schutzmaßnahme für empfindliche Verbraucher bei Stromausfällen oder Störungen in der Spannungsversorgung. Im diesem Fall ist eine hohe Zuverlässigkeit von ihnen gefordert. Besonders im oberen USV-Segment für unternehmenskritische Anwendungen machen sich die Hersteller daher laufend Gedanken, wie sie die Funktionen der Geräte erweitern und die Zuverlässigkeit verbessern können. Ein Schritt zur Vereinfachung gelang Invensys Powerware, Erlangen, dabei mit der »Hot-Sync«-Technik.

*Peter Wasinger, Key Account Manager für Dreiphasen-USVen bei Invensys Powerware, Erlangen*

## Vereinfachung erhöht die Zuverlässigkeit

Mit dieser patentierten Technik können Wechselrichter an den Ausgängen parallel geschaltet werden, ohne über einen Kommunikationsbus oder Steuerleitungen synchronisationsrelevante Daten austauschen zu müssen und ohne einen »Master« zu benennen, welcher die Frequenz und Phase vorgibt. Dies erhöht die Zuverlässigkeit des Systems. Kommunikations- bzw. Steuerleitungen gehören bei üblichen, traditionellen Techniken zum Ausstattungsumfang für den Parallelbetrieb von USV-Wechselrichtern.

Da die Kommunikationskomponenten beim Hot-Sync-Betrieb entfallen, wird eine mögliche Fehlerquelle umgangen, die durch eine Störung der Kommunikation der Wechselrichter untereinander entstehen kann. Außerdem benötigt diese Technologie eine geringere Anzahl von Bauteilen, was die Wahrscheinlichkeit eines technischen Defekts verringert und damit die Verfügbarkeit erhöht.

## Funktionsprinzip von Hot Sync

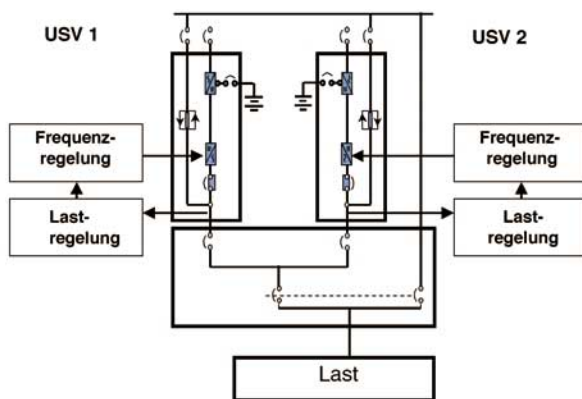
Um das Funktionsprinzip der Hot-Sync-Technik zu erläutern, werden USVen des Typs Powerware 9305 im redundanten Parallelbetrieb betrachtet (Bild 1). Generell kann man annehmen, dass sich die sinusförmigen Spannungen an den beiden WechselrichterAusgängen sowohl in ihrem Betrag als auch in ihrer Phasenla-



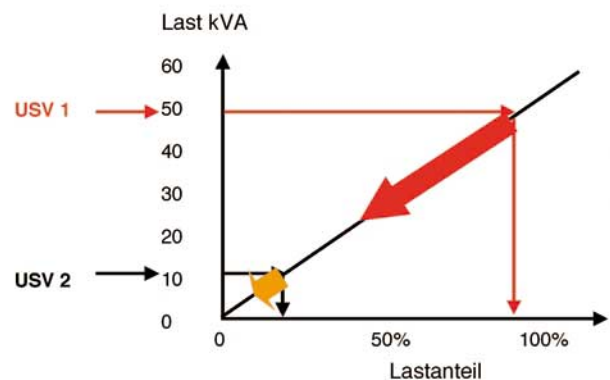
**USV 9305 mit Hot-Sync-Lastabgleichsverfahren**

ge kongruent (deckungsgleich) sein müssen, um eine gleichmäßige Verbraucherlastverteilung zu erreichen, vorausgesetzt, die beiden Wechselrichter haben den gleichen Innenwiderstand.

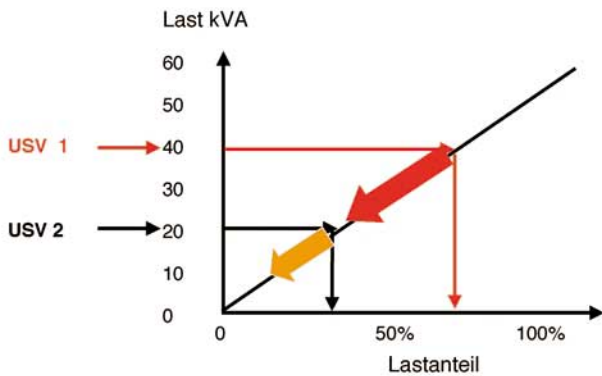
Gesetzt den Fall, die Sinuskurven beider – noch nicht zusammenschalteter – WechselrichterAusgänge mit kontinuierlich gleicher Frequenz und ohne Phasenwinkeldifferenz gehen beim Spannungsnulldurchgang in den Parallelbetrieb, kann man eine gleichmäßige Aufteilung der Verbraucherlast auf die Wechselrichter annehmen. Versucht man nach Zusammenschaltung der Wechselrichter die Ausgangsfrequenz eines Wechselrichters zu beeinflussen, z. B. sie zu erhöhen, so übernimmt dieser in Folge einen höheren Lastanteil. Der andere Wechselrichter baut den Lastanteil im gleichem Maße ab; denn es gilt weiterhin: Die Summe beider Wechselrichterbelastungen ergibt die Verbraucherlast.



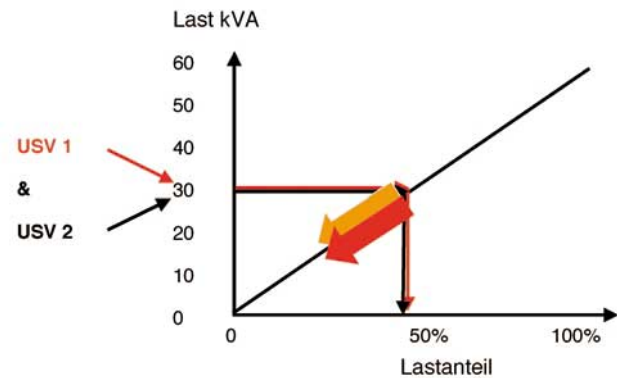
**Bild 1: Zwei USVen im redundanten Parallelbetrieb; die Kommunikation zur Synchronisation erfolgt, indem das Laständerungsverhalten auf Frequenzänderungen beobachtet wird**



**Bild 2: Lastverteilung zwischen zwei Wechselrichtern; USV 1 trägt einen sehr hohen Lastanteil und ändert daher seine Frequenz schnell, während ...**



**Bild 3: ... USV 2 seine Frequenz langsam ändert; auf diese Weise nähern sich die beiden Lastanteile aneinander an, bis ...**



**Bild 4: ... sie gleich groß sind**

Umgekehrt gilt: Senkt man im Parallelbetrieb die Frequenz eines Wechselrichters, so würde dieser Wechselrichter seine Belastung verringern und der andere Wechselrichter im gleichen Maße mehr Last übernehmen.

Da die Lastaufteilung sehr empfindlich auf die Frequenzänderung im Parallelbetrieb reagiert, erfolgt eine Änderung der Lastaufteilung auf die Wechselrichter bereits bei einer Regelungsänderung der Frequenztaktung im mHz-Bereich. Genau hier setzen die Algorithmen des »Hot-Sync«-Systems an.

**Lastmonitoring kontinuierlich auch nach Lastabgleich**

Das Lastmonitoring (= Lastüberwachung) im Parallelbetrieb – ausgehend von unterschiedlicher Lastaufnahme der Wechselrichter – ermittelt die Lastgröße des einzelnen Wechselrichters. Je größer dabei die Last ist, desto schneller ändert der Regelalgorithmus die Frequenztaktung zur Annäherung an eine Kongruenz. Je kleiner die Last, desto langsamer die Regelung für die Frequenztaktungsände-

rung, wobei beide Wechselrichter in eine »Richtung« regeln (Bilder 2 bis 4).

Somit wird sich ein Wechselrichter mit höherer Lastaufnahme dem Wechselrichter mit niedriger Lastaufnahme (langsamere Regelung) annähern, bis beide in gleicher Frequenz und Phasentakten. Das ergibt den Zustand der gleichen Lastverteilung, wie weiter oben beschrieben. Die Ermittlung der Last geschieht kontinuierlich mit hoher Abtastrate. Die Regelung gehorcht dabei u. a. folgendem Algorithmus:

$$USV\ 1: f_n = f_{n-1} - C_1(P_{n1})$$

$$USV\ 2: f_n = f_{n-1} - C_1(P_{n2})$$

mit

$f_n$  momentane Frequenz

$f_{n-1}$  vorherige Frequenz

$P_{nx}$  Leistung

$C_1$  eine Konstante; sie definiert die »Dynamic Response« (Schnelligkeit) der Regelung

Der Lastabgleich bzw. die Abgleichskontrolle erfolgt auch nach Erreichen der gleichen Lastverteilung. Die beiden USVen beziehen ihre Frequenz dabei auf die Netzfrequenz, falls diese vorhanden ist. Wenn nicht, dann verfügen sie über

einen internen Referenztakt, von dem sie exakt 50 Hz ableiten. Sie ändern zur Überprüfung des Lastabgleiches die Frequenz in mHz-Schritten, ein »phase lock« hält den Ausgang auf konstant 50 Hz.

Bei gleicher Lastaufnahme der Wechselrichter erfolgt die Regeländerung bei beiden Wechselrichtern mit gleicher Geschwindigkeit, zieht also keine weitere Lastverschiebung nach sich. Diese Art des Parallelbetriebes benötigt keinen weiteren Informationsaustausch zwischen den Wechselrichtern.

**Hot Sync in der Praxis**

Das »Hot-Sync«-Verfahren, das der Powerware-Vorläufer Exide patentieren ließ, läuft seit knapp fünf Jahren am Markt und wird in komplexen Verbrauchersystemen eingesetzt. Anwendungsgebiete gibt es in der IT sowie für kommerzielle und militärische Stromversorgungen. Powerware bietet das Hot-Sync-Verfahren in USVen in Leistungsbereichen von 7,5 kVA bis 5000 kVA in den Baureihen 9305, 9315 und 9340 an. ■