

ABGEKÜNDIGTE LEISTUNGSHALBLEITER

# Altes Äußeres, moderner Kern

Die rasante Entwicklung der Halbleitertechnologie stellt nicht nur die Besitzer von Smartphones vor die Frage, wie lange sie ihr neu gekauftes Gerät tatsächlich verwenden können. Auch in der weniger schnelllebigen Leistungshalbleitertechnik stehen die Betreiber kostenintensiver Investitionsgüter spätestens nach 15 Jahren vor der Frage, wie sie mit dem Problem fehlender Ersatzteile umgehen sollen.

TEXT: Thomas Schneider, GvA Leistungselektronik BILDER: GvA Leistungselektronik; iStock, Gio Banfi

Ein zwei Jahre altes Smartphone gilt oftmals bereits als veraltete Steinzeittechnik. Und die rasante Entwicklung moderner Kommunikationstechnologie wird sich in den nächsten Jahren wahrscheinlich noch weiter beschleunigen. Die meisten Menschen gehen beim Kauf von Konsumgeräten mittlerweile davon aus, dass diese nach kurzer Zeit wieder ersetzt werden müssen. Nicht etwa, weil sie nicht mehr richtig funktionieren, sondern weil sie der wachsenden Erwartungshaltung von Kunden und auch den technischen Anforderungen nicht mehr gewachsen sind.

Allerdings entwickeln sich nicht alle Bereiche der Elektronikbranche mit solch einer offensichtlichen Geschwindigkeit. In der Leistungshalbleitertechnik zum Beispiel geschehen viele Entwicklungen

und Verbesserungen eher im Verborgenen. Dennoch sind die Evolutionsschritte für die Betreiber von industriellen Anlagen sowie für den Personen- und Frachtverkehr von großer Tragweite. Ein VHS-Videorekorder, der vor 30 Jahren State-of-the-Art war, landete wahrscheinlich bereits vor 25 Jahren wieder auf dem Sperrmüll. Eine Straßenbahn, die vor 30 Jahren gebaut wurde, transportiert aber noch immer Fahrgäste. Und diese erwarten vollkommen zu Recht, dass die Bahn sie sicher und pünktlich an ihr Ziel bringt.



Bei diesem DC-Chopper wurden die RLT-Thyristoren durch schnelle Thyristoren und externe Freilaufdioden ersetzt.



Auch in der Leistungselektronik werden Bauelemente abgekündigt und durch neue ersetzt: Die Quantensprünge in der Halbleitertechnik veranlassen einen Hersteller irgendwann dazu, eine alte Produktgeneration nicht mehr zu fertigen. Auch in der Leistungselektronik werden diese Lebenszyklen immer kürzer. Was tun, wenn die Hersteller keine Ersatzteile mehr anbieten, die Anlagen aber noch weiter betrieben werden sollen? Spätestens dann wird es eng: Denn alle jetzt ausgelösten Aktionen sind entweder kostspielig (weil entwicklungsintensiv) oder qualitativ fragwürdig – zum Beispiel, wenn angebliche Restbestände über Broker angeboten werden, die in den seltensten Fällen eine Garantie für die Herkunft der Bauteile geben.

## Retrofit sichert den Weiterbetrieb

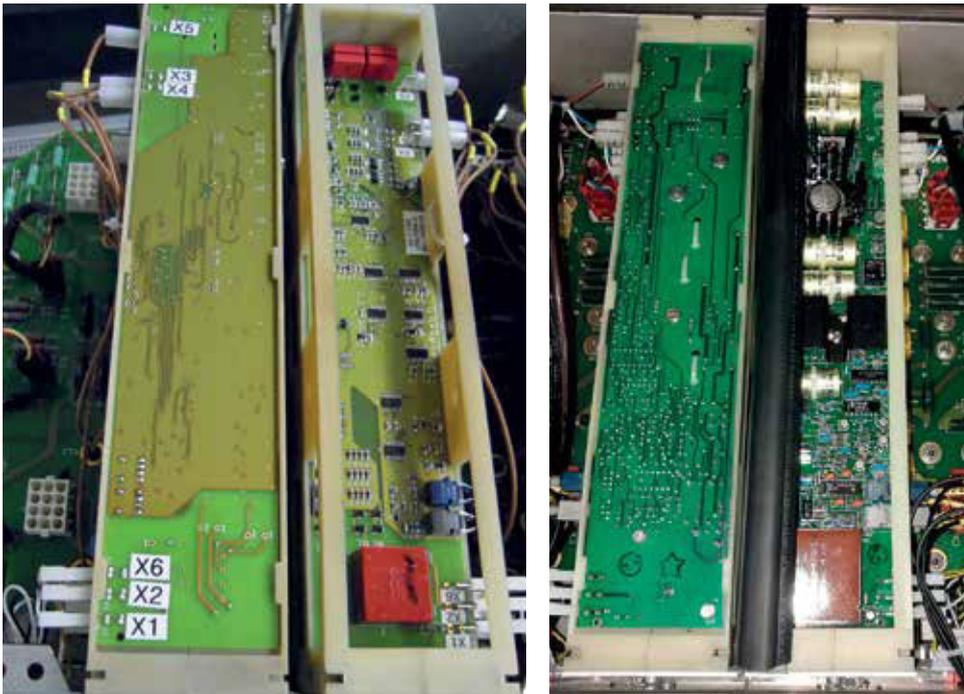
Dann vielleicht doch eine komplett neue Anlage, Straßenbahn oder Lokomotive kaufen? Das Controlling wird sich mit Sicherheit querstellen. Also muss eine Alternative her. Diese Alternative heißt Retrofit. Unter Retrofit versteht die GvA Leistungselektronik den system- und kostenoptimierten Austausch von nicht mehr auf dem Markt verfügbaren Leistungshalbleitern beziehungsweise leistungselektronischen Baugruppen durch ein funktional gleichwertiges Element mit modernster Technik. Bei der Dimensionierung des Ersatzelements werden die elektrischen, mechanischen und thermischen Charakteristiken des Originals zugrunde gelegt, so dass alle peripheren Systemkomponenten wie Controller, Drosseln, Sensoren, Leitungen und natürlich die eigentliche Last in ihrer originalen Ausführung beibehalten werden können. Die Steuer- und Überwachungsschnittstellen zwischen der neuen Baugruppe und der bestehenden Anlagensteuerung erhalten dieselben Pegel und kompatible Stecker-, Buchsen- oder Klemmleisten. Somit kann ein Retrofit-Gerät auch „Plug'n Play“ sein. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass man bei Retrofit-Umbauten die Betriebszulassungen nicht verliert und keine komplexen Zertifizierungsprozesse neu durchlaufen muss.

Ein typisches Beispiel für eine Retrofit-Anwendung sind schnelle Thyristoren, die in einem Umrichter für die Bandstahlerwärmung eingesetzt wurden und plötzlich nicht mehr lieferbar waren. Ursprünglich war geplant, die Anlage in einem überschaubaren Zeitraum sukzessive abzuschalten und eine komplett neue Erwärmanlage zu kaufen. Nach einer Bestandsaufnahme durch GvA stand plötzlich die Option im Raum, die abgekündigten schnellen Thyristoren durch eine neue Leistungsstufe mit IGBTs zu ersetzen.

## Ersatz für schnelle Thyristoren

Das ursprüngliche Erwärmsystem bestand aus drei einphasigen Serienresonanz-Umrichtern mit einer Wirkleistung von je 400 kW bei einer Resonanzfrequenz von 10 kHz. Die Leistungsstufe war mit schnellen Thyristoren bestückt, entsprechend war die Umrichterregelung auf das Schaltverhalten von Thyristoren ausgelegt. Im Rahmen des Retrofits ergaben sich folgende Arbeiten:

- Die Konstruktion einer B2-IGBT-Brücke mit Wasserkühlung und niederinduktivem Zwischenkreis. Sie musste in den vorhandenen Einbauraum der ursprünglichen Thyristorbrücke passen. Dabei konnten die bereits vorhandenen DC-Zwischenkreiskondensatoren weiterhin verwendet werden.
- Entwicklung einer IGBT-Treiberschaltung, die das Verhalten von Thyristoren emuliert, also den IGBT mit nur einem Zündbefehl einschaltet und bei einem Laststrom  $< 0$  selbsttätig abschaltet.
- Design einer Interface-Schaltung zur Anpassung der Steuersignalpegel und Sensorsignale.
- Anpassung der leistungsseitigen Komponenten (zum Beispiel die bei Thyristoren erforderlichen di/dt-Stufendrosseln), die bei der neuen IGBT-Brücke nicht mehr gebraucht wurden.



Diese Retrofit-Ansteuerung neuer IGBT-Module (links) basiert auf der Ansteuerung für die alten bipolaren Transistormodule (rechts).

Damit konnte die bestehende Anlage zu einem Bruchteil der Neuanschaffungskosten weiterbetrieben werden. Und nicht nur das: In bestimmten Betriebspunkten wurde sogar eine Leistungssteigerung erreicht!

### Schwierigkeit: RL-Thyristoren ersetzen

Während schnelle Thyristoren (Frequenzthyristoren) immer noch von einigen Herstellern in eingeschränkter Auswahl angeboten werden, sind die Zeiten rückwärtsleitender Thyristoren (RLT) endgültig vorbei. Zweifellos hatten diese Bauelemente ihren Charme, vereinten sie doch zwei Funktionen, Thyristor und antiparallele Freilaufdiode, in einem Gehäuse. Mit ihrer Hilfe ließen sich sehr kompakte Umrichter realisieren, zum Beispiel DC-Chopper für Straßenbahnantriebe.

Auch beim RLT-Retrofit kann GvA auf eine lange Erfahrung zurückblicken. Als Beispiel dient ein DC-Chopper mit 200 kW bei 750 V, der in der für Scheibenzellen typischen Stack-Bauweise im Spannverband realisiert war. Irgendwann war die Produktion der RLTs eingestellt worden, dennoch sollte der Betrieb der betroffenen Straßenbahnen aufrechterhalten werden. Daher wurde GvA mit der Umrüstung aller Fahrzeuge beauftragt. Die besondere Herausforderung lag dabei im extrem eingeschränkten Bauvolumen, da die mechanischen Abmessungen des neuen Stacks dieselben sein mussten wie beim alten RLT-Stack. Die praktische Umsetzung verlief wie folgt:

- Ersetzen von jeweils zwei in Serie geschalteten RLTs mit einer Sperrspannung von je 1.200 V durch einen Thyristor und eine Freilaufdiode mit einer Sperrspannung von jeweils 3.200 V
- Anpassung der äußeren Verschaltung des Stacks
- Anpassung der Schutzbeschaltungen der Thyristoren und Dioden an die höhere Spannungsbelastung
- Beibehaltung der mechanischen Abmessungen und der Lage der Stromschienen für die Zuleitung
- Beibehaltung des vorhandenen Heat-Pipe-Kühlsystems

Im direkten Vergleich des alten RLT-Aufbaus mit der Retrofit-Version ist außer den geänderten Snubber- und Schutzbeschaltungen fast kein Unterschied erkennbar. Die modernen Thyristoren und Dioden fügen sich perfekt in die existierende Mechanik ein. Die neuen elektrischen Eigenschaften der gesamten Chopper-Baugruppe lassen deren Betrieb mit allen vorhandenen externen Bauelementen zu, ohne die EMV-Bilanz wesentlich zu verändern.

### IGBTs statt bipolaren Transistormodulen

Ein weiteres elektrotechnisches Relikt sind bipolare Transistoren. In den 1970er und 80er Jahren wurden diese Bauteile auch in der Leistungselektronik eingesetzt. Ihr schnelles Schaltverhalten ermöglichte die Realisierung von PWM-Umrichtern bis in den mittleren Leistungsbereich von mehreren hundert kW. Auch

Schaltungstopologien wie 3-Level-NPC, die in den letzten Jahren im Rahmen der Effizienz- und EMV-Diskussion bei Photovoltaik-Umrichtern wieder in den Fokus rückten, wurden damals schon genutzt. Allerdings ereilte den bipolaren Transistor dasselbe Schicksal wie den RLТ: Die Hersteller stoppten die Produktion zugunsten der weit überlegenen IGBTs.

Die sich heute noch im Einsatz befindlichen Bipolar-Umrichter tummeln sich vor allem im Bereich der leichten Traktion, zum Beispiel in Straßenbahnen aus den 1990er Jahren. Um diese Züge noch ein paar weitere Jahre zuverlässig auf den Schienen zu halten, bietet GvA für die Antriebsumrichter eine Umrüstung auf moderne IGBT-Leistungsmodule an. Auch bei diesem Retrofit-Projekt steht der bedingungslose Plug'n-Play-Gedanke an erster Stelle:

- Austausch der bipolaren Transistormodule gegen baugleiche IGBT-Module
- Beibehaltung des DC-Zwischenkreises inklusive der existierenden Stromschienen
- Design einer IGBT-Treiberstufe zur Umrichtersteuerung, mit identischen mechanischen Abmessungen und elektrischen Schnittstellen
- Anpassung der Dynamik der IGBT-Module, sodass alle Umrichter, externen Komponenten und Schutzbeschaltungen der Transistoren beibehalten werden können
- Keine Änderung des EMV-Spektrums des Gesamtsystems

## Lohnt sich der Aufwand für Retrofit?

Im Vorfeld eines Retrofit-Projekts bietet GvA eine ausführliche Beratung an, um dem Kunden alle technischen und kommerziellen Möglichkeiten aufzuzeigen. Natürlich lassen sich nicht alle Anlagen in jedem Zustand sinnvoll „restaurieren“. Es ist wie bei einem Kfz-Oldtimer: Eine heruntergewirtschaftete Karosse, deren Besitzer sich nicht um die Instandhaltung gekümmert hat, sondern nur auf „Null Kosten“ aus war, lässt sich nicht wirtschaftlich sinnvoll wiederbeleben. Ein Fahrzeug jedoch, das regelmäßig gewartet wurde und dessen Verschleißteile rechtzeitig ersetzt wurden, kann seinen Besitzer selbst im Fall eines kapitalen Motorschadens noch lange erfreuen, wenn ein entsprechender Austauschmotor eingebaut wird. □

## FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
Alpha Numerics	20	Hitex	63
Ansys	24	Hy-Line Power Components	72, 81
Arrow	45	Infineon Technologies	67, 68, 82
Becker & Müller	61	Kette	8
Beta Layout	17	Lapp	34
BJZ	U3	MES Electronic Connect	36
Börsig	29	Mesago	19
Bürklin Elektronik	45	Messe München	15
Cadence	16	Microchip	41
Conrad Business Supplies	11, 45	Microsemi	38
Detakta	5	Mitsubishi Electric Europe	83, U4
Display Elektronik	23	ODU	31
EA Elektro-Automatik	73	ON Semiconductors	76
Elektrosil	75	Phoenix Contact	28, 33, 37
e-Monday	65	RISC-V Foundation	38
Fischer Elektronik	77, 79	Rutronik	3, 45
Framos	42	Schukat Electronic	45
Fraunhofer FEP	6	SE Spezial-Electronic	45
FTCAP	60	Semikron	27, 84
Fuji Electric Europe	80	wts // electronic components	52
GVA Leistungselektronik	48	Würth Elektronik eiSos	56, 59, 62

## IMPRESSUM

**Herausgeber** Kilian Müller

**Redaktion** Florian Streifinger (Managing Editor/verantwortlich/-28), Roland R. Ackermann (freier Mitarbeiter), Isabel Diedenhofen (-38), Selina Douhal (-34), Anna Gampenrieder (-23), Ragna Iser (-98), Demian Kutzmutz (-37), Florian Mayr (-27)

**Newsdesk** newsdesk@publish-industry.net

**Anzeigen** Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-18), Vitor Amaral de Almeida (-24), Beatrice Decker (-13), Caroline Häfner (-14), Veronika Muck (-19), Maja Pavlovic (-17), Julia Rinklin (-10), Katrin Späth (-99); Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2018

**Sales Services** Ilka Gärtner (-21), Franziska Gallus (-16), Marina Schiller (-20); sales@publish-industry.net

**Marketing & Vertrieb** Anja Müller (Head of Marketing), Alexandra Zeller (Product Manager Magazines), David Löffler (Kampagnenmanager)

**Herstellung** Veronika Blank-Kuen

**Verlag** publish-industry Verlag GmbH, Machtfinger Straße 7, 81379 München, Germany  
Tel. +49.(0)151.58.21.19-00, info@publish-industry.net, www.publish-industry.net

**Geschäftsführung** Kilian Müller, Frank Wiegand

**Leser- & Aboservice** Tel. +49.(0)61.23.92.38-25 0, Fax +49.(0)61.23.92.38-2.44; leserservice-pi@vuservice.de

**Abonnement** Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E (derzeit 9 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährliche, als Sondernummer erscheinende E&E-Kompendum.

**Jährlicher Abonnementpreis**

Ein JAHRES-ABONNEMENT der E&E ist zum Bezugspreis von 64 € inkl. Porto/Versand innerhalb Deutschland und MwSt. erhältlich (Porto Ausland: EU-Zone zzgl. 10 € pro Jahr, Europa außerhalb EU zzgl. 30 € pro Jahr, restliche Welt zzgl. 60 € pro Jahr). Jede Nachlieferung wird zzgl. Versandkosten und MwSt. zusätzlich berechnet. Im Falle höherer Gewalt erlischt jeder Anspruch auf Nachlieferung oder Rückerstattung des Bezugsgeldes. Studentenabonnements sowie Firmenabonnements für Unternehmen, die E&E für mehrere Mitarbeiter bestellen möchten, werden angeboten. Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an leserservice-pi@vuservice.de

**Gestaltung & Layout** Schmucker-digital, Lärchenstraße 21, 85646 Anzing, Germany

**Druck** Firmengruppe APPL, sellier druck GmbH, Angerstraße 54, 85354 Freising, Germany

**Nachdruck** Alle Verlags- und Nutzungsrechte liegen beim Verlag, Verlag und Redaktion haften nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustrationen.

Nachdruck, Vervielfältigung und Online-Stellung redaktioneller Beiträge nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags.

**ISSN-Nummer** 1869-2117

**Postvertriebskennzeichen** 30771

**Gerichtsstand** München

Der Druck der E&E erfolgt auf FSC®-zertifiziertem Papier, der Versand erfolgt CO<sub>2</sub>-neutral.

Mitglied der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern e.V. (IWV), Berlin



Der CO<sub>2</sub>-neutrale Versand mit der Deutschen Post