



# EMV- Probleme gelöst

## Sinussteller vermeidet die steilen Flanken einer Phasenanschnittsteuerung

Die steilen Schaltflanken der Phasenanschnittsteuerung verursachen in der Praxis immer wieder Probleme in Bezug auf die EMV-Konformität. Ein Sinussteller schafft hier Abhilfe: Er regelt die Amplitude des Stroms stufenlos von 0 bis 100%. Gegenüber den konventionellen Frequenzumrichtern hat er Vorteile durch seine geringere Verlustleistung, weil u. a. auf die Gleichrichtung verzichtet werden kann. Prozessenergie lässt sich damit verlustarm und variabel regeln – etwa in einer Trockenkammer für Kfz-Karosserieteile.

*Olaf Kammerer\**

Der Phasenanschnitt ist eine weit verbreitete Steuerungstechnik zum stufenlosen Stellen von elektrischen Lasten von 0 bis 100%. Dabei wird jede Halbwelle typischerweise mittels Thyristor angeschnitten und zur Last weitergeleitet. Der Thyristor als elektronischer Schalter arbeitet verschleißfrei und ist sehr verlustarm. Leider wird dabei aus dem versorgenden Netz ein nicht sinusförmiger Strom entnommen. Dies verursacht erhebliche Blindströme und Netzverluste, was die EMV-Normen DIN EN 61000-3-2 für Lasten bis 16 A und DIN EN 61000-3-12 für Verbraucher zwischen 16 und 75 A Strangstrom eng reglementiert bzw. untersagt.

\*Olaf Kammerer ist Leiter Marketing bei Systemtechnik LEBER GmbH & Co. KG in Schwaig bei Nürnberg.

- ▶ Eine echte Alternative ist ein Sinussteller. Er stellt die Leistung durch Variation der Amplitude der Ausgangsspannung. Der Leistungselektronik-Spezialist Systemtechnik LEBER hat entsprechende Sinussteller für Leistungen von 1,2 und 12 kW entwickelt.

### Herkömmliche Alternativen zum Phasenanschnitt

Um die Nachteile des Phasenanschnitts zu umgehen, kann in bestimmten Fällen auf herkömmliche Verfahren zurückgegriffen werden, nämlich entweder auf die Vollwellensteuerung oder auf den Einsatz von Wechselrichtern.

Bei der Vollwellensteuerung werden nur vollständige sinusförmige Halb- oder Vollwellen geschaltet, sei es als Pulsweitenmodulation (PWM) oder als Pulspaketsteuerung (kleinstmögliche Ein- und Aus-Verhältnisse). Für schnelle Lampen und Strahler ist dieses Verfahren allerdings nicht geeignet, weil sie einerseits

fürchterlich flackern und pulsen und weil andererseits die Gefahr besteht, dass schon bei kleinen Lasten die Norm DIN EN 61000-3-3 (Flickernorm) verletzt wird. Bei dem Einsatz von Wechselrichtern entsteht eine variable Lastspannung dadurch, dass die Amplitude der Spannung verändert wird. Der wohl bekannteste Wechselrichter ist der Frequenzumrichter.

Seine wichtigsten Komponenten sind Eingangsentstörung (EMV), Gleichrichtung, Power Factor Correction (PFC), Zwischenkreis-DC, Inverter mit sechs Transistoren, Steuersatz und Ausgangsentstörung (EMV). Ein Frequenzumrichter kann aus seinem DC-Zwischenkreis beliebige Frequenzen und beliebige Amplituden erzeugen. Ein weiteres wichtiges Merkmal ist, dass er keine sinusförmige Ausgangsspannung generiert. Er legt die getaktete Ausgangsspannung direkt auf den Motor. Die Induktivität des Motors sorgt dafür, dass sich automatisch sinusförmige Ströme einstellen.

Einen Frequenzumrichter als Leistungsteller einzusetzen hat folgende Nachteile: Die Ausgangsfrequenz braucht nicht variabel zu sein.

### Der Frequenzumrichter ist keine gute Alternative

Um Interferenzen zu verhindern, sollte sie gleich der Eingangsfrequenz sein. Die Ausgangsspannung muss bereits sinusförmig sein. In Haushalten, Gewerbe und einfachen Industrieanwendungen werden keine Lasten mit abgeschirmten Kabeln eingesetzt. Weil Lampen und Heizungen keine Induktivitäten aufweisen, werden sich keine sinusförmigen Ströme einstellen. Die Ströme entsprechen genau der Taktung der Spannung und verursachen damit enorme Störabstrahlung auf den Lastkabeln. Ein Frequenzumrichter ist meist dreiphasig aufgebaut. Die meisten Lasten sind jedoch einphasig. Die Last eines Frequenzumrichters hat keinen Bezugspunkt mehr zum Netz (siehe

 [www.pcim.de](http://www.pcim.de)



International Exhibition  
& Conference for

**POWER ELECTRONICS  
INTELLIGENT MOTION  
POWER QUALITY**

**22 – 24 May 2007**

Exhibition Centre Nuremberg

# Power On!

Messe:  
Linda Raidt  
Tel. +49 711 61946-56  
E-Mail: [raidt@mesago.de](mailto:raidt@mesago.de)

Konferenz:  
Lisette Hausser  
Tel. +49 711 61946-85  
E-Mail: [hausser@mesago.de](mailto:hausser@mesago.de)



Veranstalter:  
Mesago PCIM GmbH  
Rotebühlstraße 83-85  
D-70178 Stuttgart

schwebt). Ein weiterer Nachteil der Frequenzumrichter sind hohe Schaltverluste bis zu 10 W/A. Sie setzen sich zusammen aus den Spannungsabfällen an der Gleichrichtung (etwa 2,5 V), an der Power Factor Correction (rund 2,5 V) und am Inverter (5,0 V). Im Gegensatz dazu erzeugt der Phasenanschnitt nur Schaltverluste von 1,5 W/A

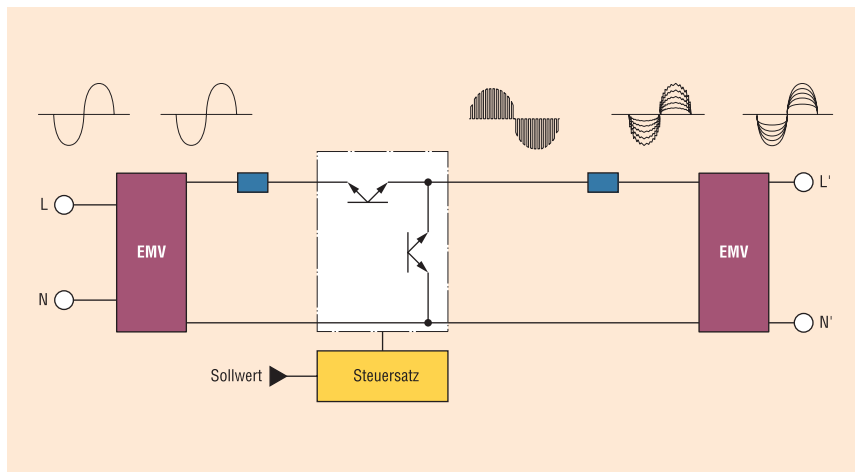
## So sieht die Lösung mit dem Sinussteller aus

Ein als Leistungssteller optimierter Wechselrichter nennt sich Sinussteller bzw. Amplitudenrichter. Er vermeidet die Nachteile des Phasenanschnitts und der Wechselrichter. Das wichtigste Charakteristikum des Sinusstellers ist, dass er immer sinusförmige Ströme aus dem versorgenden Netz zieht und die Last immer mit sinusförmigen Spannungen und Strömen versorgt. Damit werden EMV-Probleme minimiert.

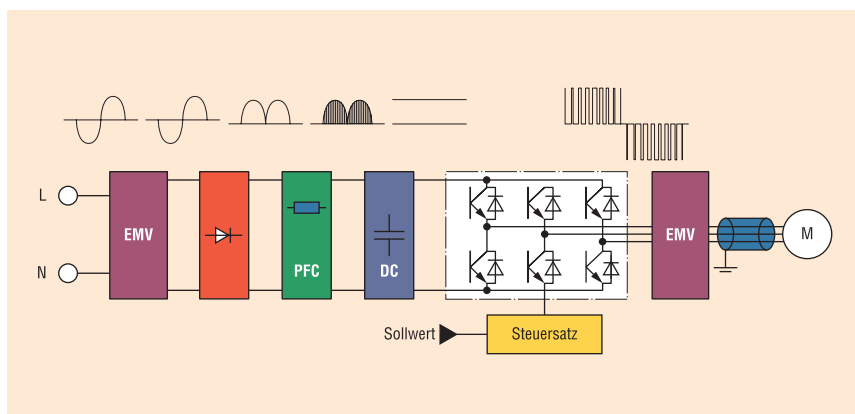
Die Eingangsenstörung kann sogar aufwändiger sein als die eines herkömmlichen Frequenzumrichters. Eine Eingangsgleichrichtung ist nicht mehr erforderlich, weil die Freilaufdioden in den elektronischen Schaltern benutzt werden. Alle erzeugten Ausgangsfrequenzen sind immer gleich den Eingangsfrequenzen. Eine aufwändige Glättungsdrossel und Ausgangsenstörung sorgt für schöne sinusförmige Ströme am Ausgang und minimiert die leitungsgebundenen Störungen.

## Frequenzänderungen bleiben ohne Einfluss auf die Funktion

Darüber hinaus beherrscht der Sinussteller auch den Generatorbetrieb. Die Frequenzänderungen des Generators haben keinen Einfluss auf seine Funktionsweise und die Ausgangsspannung stimmt immer. Beim Einsatz eines Sinusstellers behält die Last ihren Netzbezug, sie schwebt nicht.

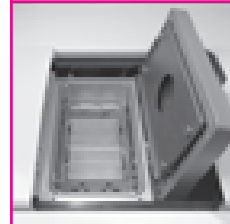
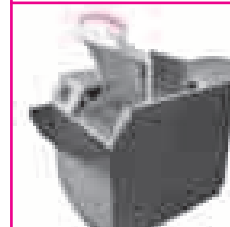


■ Für die kontinuierliche und flackerfreie Abgabe von Prozessenergie kommt der Sinussteller ohne Gleichrichtung aus



■ Wechselrichter haben eine sehr aufwändige Bauform und dementsprechend hohe Verlustleistung sprich Verlustwärme

# Die gute Verbindung VADU 100 Löten mit Vakuum



### Systemvorteile

- Lunkerfreie Lötverbindungen
- Löten mit Preforms oder Pasten
- Löttemperaturen bis 400 °C
- Temperaturprofile nach IPC/JEDEC
- Betrieb mit Ameisensäure oder Formiergas
- Vakuumgestützte Lötungen
- Separate Löt- und Kühlzone
- Zuverlässige Kondensatabscheidung
- Touch-Screen-Panel mit übersichtlicher Menüführung



Systemintegration in der Mikroelektronik  
Messe & Kongress Nürnberg 24.-26. April 2007

Wir stellen aus:  
Halle 9, Stand 546

### PiNK GmbH Vakuumtechnik

Am Kessler 6  
97877 Wertheim  
Germany  
T +49 (0) 93 42 / 919-0  
F +49 (0) 93 42 / 919-111  
vadu@pink.de  
www.pink.de

	Sinussteller	Frequenzumrichter	Phasenanschnitt
EMV/Normen	Gut + Die einschlägigen Normen können mit mittlerem Aufwand relativ leicht eingehalten werden	Mittel -- Frequenzumrichter sind nur geeignet in Verbindung mit Motoren oder Transformatoren und vorwiegend abgeschirmten Kabeln. Für allgemeine Wechselstromlasten wie Lampen etc. sind Frequenzumrichter nicht geeignet.	Schlecht ----- Die EMV-Maßnahmen sind auf Basis der aktuellen Normen kaum mehr zu erfüllen. Lediglich aktive CosPhi-Korrekturen könnten helfen. Die Kosten dafür übersteigen jedoch den Wert eines Phasenstellers um ein Vielfaches.
Bauform	Groß --- Glättungsdrossel, ein Kühlkörper, Eingangsfilterung und mindestens 4 elektronische Schalter sorgen für ein großes Bauvolumen	Mittel -- Kein Glättungsdrossel, größerer Kühlkörper, was zu einer eher mittleren Baugröße führt	Klein + Lediglich ein Thyristorsatz und ein verhältnismäßig kleiner Kühlkörper ergeben das kleinste Bauvolumen
Kosten	Hoch --- Die verwendeten Komponenten sind keine Massenware, insbesondere die Glättungsdrossel ist verhältnismäßig teuer	Mittel -- Es fehlt die aufwändige Glättungsdrossel, die restlichen Komponenten sind keine Massenware	Klein + Ein Thyristor benötigt keine weiteren Komponenten und einen eher kleinen Steuersatz und generiert daher die kleinsten Kosten
Verlustleistung	Mittel - Die Verlustleistung beträgt in etwa 3,7 W/A. Ein 10-kW-Steller verursacht bei 400 V in etwa 100 W plus Schaltverluste ergibt 130 W.	Groß --- Die Verlustleistung beträgt in etwa 10 W/A. Ein 10-kW-Steller verursacht bei 400 V in etwa 250 W plus Schaltverluste ergibt 280 W.	Klein + Die Verlustleistung beträgt in etwa 1,5 W/A. Ein 10-kW-Steller verursacht bei 400 V in etwa 38 W plus Schaltverluste ergibt 40 W.
Transientenschutz	Machbar - Elektronische Schalter sind preiswert für Spannungen bis 600, 800 und 1200 V zu haben. Der Transientenschutz muss diese Grenzen unbedingt einhalten.	Machbar - Elektronische Schalter sind preiswert für Spannungen bis 600, 800 und 1200 V zu haben. Der Transientenschutz muss diese Grenzen unbedingt einhalten.	Problemlos ++ Thyristoren sind preiswert für Spannungen bis 800, 1200 und 1600 V zu haben. Der Transientenschutz kann einfacher ausgelegt werden als beim Einsatz von elektronischen Schaltern. In Grenzsituationen wird der Thyristor einfach gezündet. Der Impuls baut sich dann an der Last ab.

Tabelle: Vergleich der unterschiedlichen Verfahren

## Der Amplitudensteller hat entscheidende Vorteile

Die Sinussteller geben eine Prozessleistung mittels variablem Vollsinus vor. Entsprechend dieser Vorgabe wird lediglich die Amplitude verändert. So ist eine kontinuierliche und flackerfreie Abgabe von Prozessenergie auch bei Lampen und Strahlern gewährleistet (in diesem Beitrag beim Trocknen von Kfz-Karosserieteilen). Die wichtigsten Vorteile des Prinzips ist der Wegfall der steilen Schaltflanken der Phasenanschnittsteuerung (keine EMV-Probleme mehr), die kontinuierliche Abgabe von Prozessenergie (kein Flackern und Pulsen wie bei der Pulsweitenmodulation) und geringere Verlustleistung als bei Wechselrichtern (niedrigerer Kühlbedarf). Weil der Sinussteller nur sinusförmige Ströme aus dem Netz entnimmt und nur sinusförmige Ströme an die Last liefert, werden sowohl das Netz als auch die Last optimal genutzt und geschont. Die entnommene Blindleistung wird minimiert und zusätzliche Blindleistungskompensation kann entfallen. Es gibt zwei Versionen der Sinussteller innerhalb der SCU-Serie für Leistungen von 1,2 bzw. 12 kW.

Die Verlustleistung des Sinusstellers ist zwar höher als beim Prinzip des Phasenanschnitts, doch er ist noch immer deutlich niedriger als bei einem Wechselrichter. Außer einem Spannungsabfall von 3,7 V an den elektronischen Schaltern fallen weder bei der Gleichrichtung (weil es ja eben keine Gleichrichtung gibt) noch an der Power Factor Correction (weil eine Leistungsfaktorkorrektur nicht notwendig ist) Spannungen ab. So entstehen insgesamt Verluste von ca. 3,7 W/A. Der Sinussteller besitzt also erhebliche Vorteile gegenüber den bisherigen Verfahren unter den Gesichtspunkten der EMV-Konformität, Verlustleistung und Aufwendigkeit des Designs. Es ist zu erwarten, dass sich der in diesem Beitrag skizzierte Sinussteller in den von einschlägigen Normen betroffenen Bereichen künftig zu einer interessanten und wichtigen Alternative gegenüber herkömmlichen Verfahren entwickeln wird. Auf Grund der erforderlichen Bauteile ist das schwerpunktmäßig bei Leistungen unterhalb 12 kW (30 A bei 400 V) der Fall. Bei fortschreitender technischer Entwicklung bzw. weiterer Verschärfung der Normen sind selbstverständlich auch höhere Leistungen denkbar.

(ku)  
Tel. +49(0)911 5406471

[www.elektronikpraxis.de](http://www.elektronikpraxis.de)

Leistungssteller von Systemtechnik LEBER nach Produkt und Funktion

InfoClick

196175