

## Verhalten von NS-LS gegenüber Oberwellenströmen - Teil 4

### Erzeuger von Oberwellenströme

Dreiphasen-Gleichrichterbrücken in Graetz-Schaltung erzeugen Oberwellen. Dieser Gleichrichtertyp, der in allen industriellen Apparaten relativ weit verbreitet ist, da er sehr preisgünstig ist, verursacht jedoch das Stromversorgungsnetz. Diese Gleichrichter findet man in zahlreichen industriellen Anwendungen, wie Antrieben, Umrichtern und Informatik-Stromversorgungen. Wegen der zunehmenden Verbreitung von impulsgesteuerten Umrichtern in Anwendungen der Büroautomation und von Fluoreszenzlampen mit elektronischen Vorschaltgeräten trifft man sie auch im tertiären Sektor an.

Die Form des Eingangsstroms hängt stark vom Vorhandensein einer Glättungsdiode ab. Bei den meisten Gleichrichtern ist eine solche nicht vorhanden.

#### Beispiel 1: (siehe Abb. 10)

Eingangsstrom eines Dreiphasen-Gleichrichters (ungesteuerte Graetz-Schaltung). Die Fourier-Zerlegung des in der Abbildung 10 gezeigten Stroms ergibt (in Prozenten der Amplitude der Grundwelle mit den entsprechenden Phasenverschiebungen):

$h_1$	(50 Hz)	=	100%
$h_5$	(250 Hz)	=	33% (180°)
$h_7$	(350 Hz)	=	2,7%
$h_{11}$	(550 Hz)	=	7,3% (180°)
$h_{13}$	(650 Hz)	=	1,6%
$h_{17}$	(850 Hz)	=	2,6% (180°)

Gesamtverzerrungsfaktor:

$$D = \sqrt{h_3^2 + h_5^2 + h_7^2 + \dots h_{17}^2}$$
$$= 6 \%$$

$I_{eff} = 106\% \text{ von } I_{h_1}$

$I_{max}/V2 = 78\%$ .

Dies bedeutet, dass ein elektronischer Auslöser, der

auf der Messung des Effektivwertes aufgrund des Scheitelstroms beruht, einen Effektivwert von 78% anstelle von 106% messen würde. In diesem Fall würde somit ein ungenügender Schutz der Anlage vorliegen.

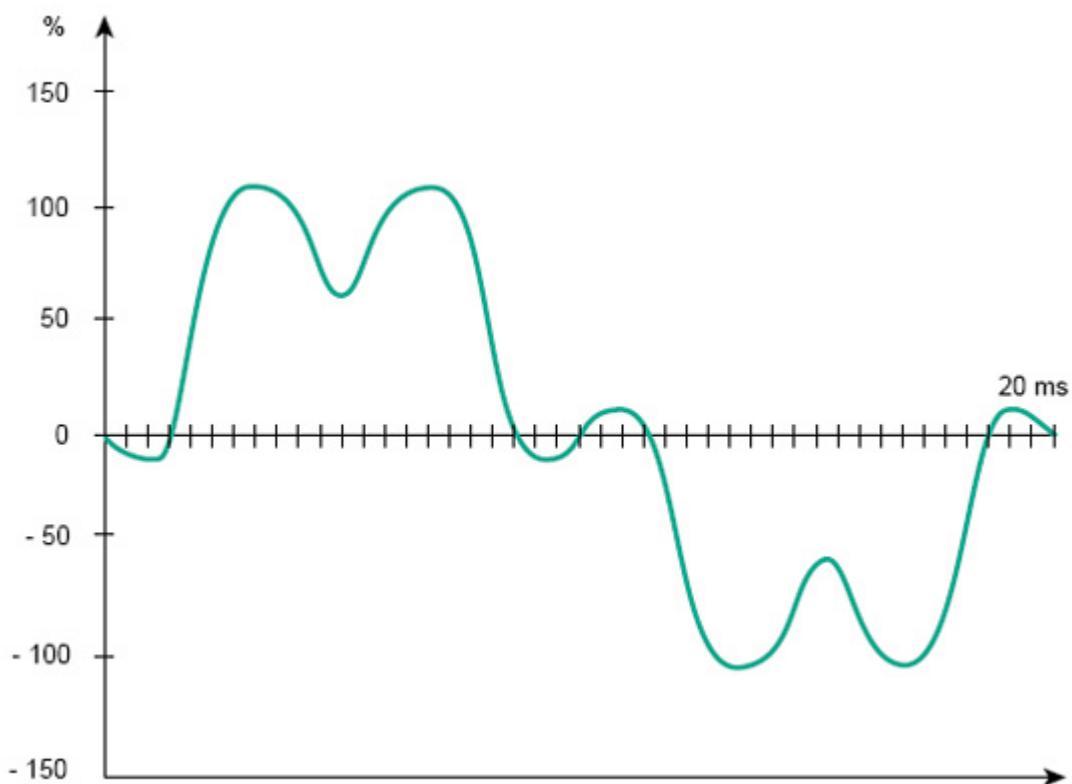


Abb. 10: Beispiel 1: Gleichrichter

### Beispiel 2: (siehe Abb. 11)

Eingangsstrom des Dreiphasen- Gleichrichters des Regelantriebs eines Asynchronmotors. Die Fourier-Zerlegung des in der Abbildung 11 gezeigten Stroms ergibt (in Prozenten der Amplitude der Grundwelle mit den entsprechenden Phasenverschiebungen):

$h_1$	( 50 Hz)	=	100%
$h_5$	(250 Hz)	=	85% (180°)
$h_7$	(350 Hz)	=	72%
$h_{11}$	(550 Hz)	=	41% (180°)
$h_{13}$	(650 Hz)	=	27%
$h_{17}$	(850 Hz)	=	8% (180°)

Gesamtverzerrungsfaktor hier:

$$D = \sqrt{h_3^2 + h_5^2 + h_7^2 + \dots h_{15}^2}$$

$$= 58 \%$$

$I_{eff} = 158\%$  von  $I_{h1}$

$I_{max}/V_2 = 203\%$ .

Dies bedeutet, dass ein elektronischer Auslöser, der auf der Messung des Effektivwertes aufgrund des Scheitelstroms beruht, einen Effektivwert von 203% anstelle von 158% messen würde. In diesem Fall würde somit ein übermäßiger Schutz der Anlage vorliegen.

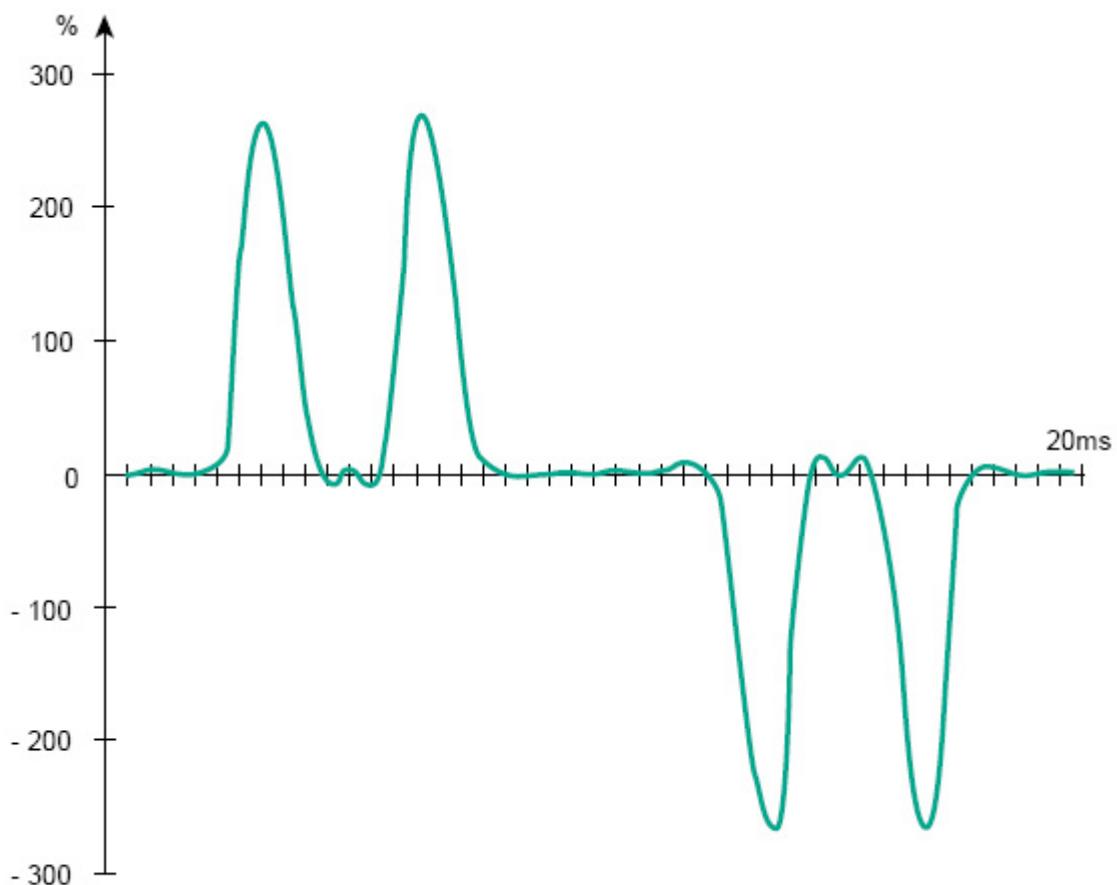


Abb. 11: Beispiel 2: Regelantrieb mit variabler Frequenz

### Normale Fluoreszenzbeleuchtung

Im Normalbetrieb sind Oberwellen feststellbar (siehe Abb. 12). Die Fourier-Zerlegung des

$h_1$	(50 Hz)	=	100%
$h_3$	(150 Hz)	=	35%
$h_5$	(250 Hz)	=	27% (180°)
$h_7$	(350 Hz)	=	16,1% (180°)
$h_9$	(450 Hz)	=	2,2% (180°)
$h_{11}$	(550 Hz)	=	3,4%
$h_{13}$	(650 Hz)	=	1,1%
$D = 42,6\%$			

Phasenstroms ergibt:  $I_{eff} = 199\%$  von  $I_{h_1} = 39 \text{ A}$

Dabei ist zu bemerken, dass, obwohl es sich um verteilte einphasige Verbraucher handelt, der Effektivwert des Stroms im Neutralleiter infolge der Oberwellen der 3. Ordnung und Mehrfachen von 3, obwohl er gleich null sein sollte, 33 A beträgt.

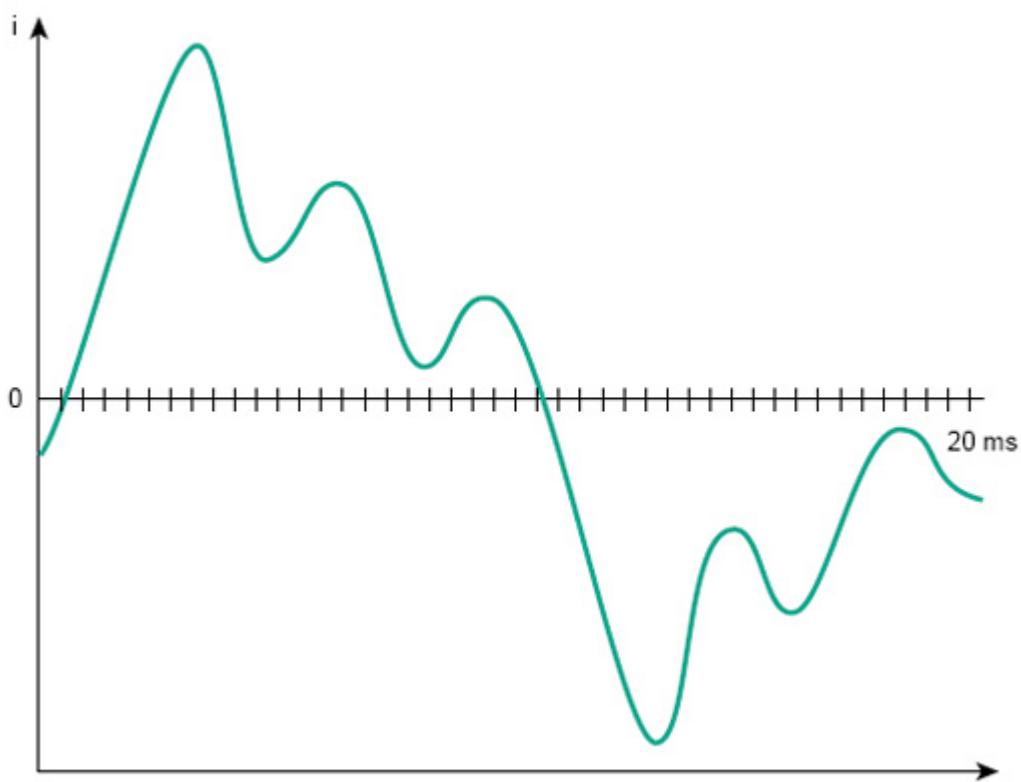


Abb. 12: Fluoreszenzbeleuchtung.

#### Behandlung der Oberwellenströme durch die elektronischen Auslöser von NSLeistungsschaltern

Die ersten elektronischen Auslöser waren analog. In Bezug auf den Messkreis bestand die Lösung darin, hinter dem Vollwellengleichrichter ein einfaches RC-Filter anzubringen. Diese Technik genügte den Anforderungen, da die Oberwellenerscheinung noch nicht von Bedeutung waren. Die technische Entwicklung, insbesondere die integrierten Lösungen vom ASIC-Typ, der eine große Zahl von Komponenten integriert, hat eine schnelle und sehr feine Abtastung des Signals ermöglicht. Die heutige Anwendung eines digitalen Filters gestattet eine einfache Berechnung des Effektivwertes und Modellierung der Wärmegleichung des Leiters (siehe Abschnitt 1).

Die Problematik besteht somit darin, die Abtastfrequenz festzulegen, um einen genauen Effektivwert zu erhalten. Zum Berechnen des wirklichen Effektivwertes eines mit Oberwellen bis zur  $n$ -ten Ordnung behafteten Signals von der Grundfrequenz  $f$  besagt das Shannonsche Abtasttheorem, dass dieses Signal mit der Frequenz  $2n \cdot f$  abgetastet werden muss. Die praktisch für die elektronischen Auslöser gewählte Abtastfrequenz beträgt 1600 Hz, welche die Erfassung von Oberwellen bis zur 16-ten Ordnung gestattet.

Die obigen Beispiele haben gezeigt, dass Oberwellenströme oberhalb der 16-ten Ordnung absolut vernachlässigbar sind.