

## 4-Quadranten Verstärker PAS 5000

### „Harmonic Performance“ Demonstration

Der Normenbezug:  
IEC/EN 61000-3-2  
IEC/EN 61000-4-7

### ANWENDUNGSBEREICH

Für Geräte bis 16A Nennstrom, die zum Anschluss an das öffentliche Niederspannungsverteilnetz vorgesehen sind, werden in der IEC/EN 61000-3-2 Grenzwerte für die maximal zulässigen Strom Oberschwingungen bis zur 40. Oberschwingung festgelegt. Im normativen Anhang A.2 dieser IEC/EN Norm werden die Anforderungen an die Prüfspannungsquelle unter Last definiert.

Unterpunkt c) legt die Grenzwerte für die Spannungsüberschwingungen der Spannungsquelle fest. Diese Grenzwerte müssen auch während einer Prüfung von Geräten der Klassen A ... D (Gerätekategorien der IEC/EN 61000-3-2) eingehalten werden. Die zu prüfenden Geräte sollen sich im bestimmungsgemäßen Betrieb befinden.

Unterpunkt d) beschreibt die Kurvenformcharakteristik der Spannung (Crest-Faktor!) im Hinblick auf die Sinus-Förmigkeit. Diese muss besonders bei Prüfungen von Geräten der Klassen C und D beachtet werden



Der Messaufbau in der IEC/EN 61000-3-2 ist wie folgt dargestellt und kommentiert:

“ $Z_S$  (source impedance) and  $Z_M$  (measuring impedance) are not specified, but have to be sufficiently low to meet the requirements in Annex A.2. This must be verified with the measurement unit at the connection points to the EUT. For the value of  $Z_M$  see IEC/EN 61000-4-7”

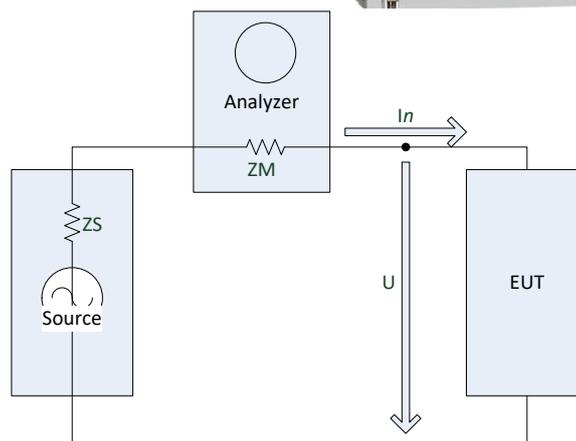


Bild. 1: Messaufbau gemäß IEC/EN 61000-3-2

## OBERSCHWINGUNGSANALYSE DES PRÜFLINGS

Die "Harmonic Performance" des 4-Quadranten Verstärkers PAS wurde mit Hilfe des folgenden Prüfaufbaus demonstriert:

Voltage: 230.18 Vrms 325.49 Vpk THD=0.14 % THV=0.328 V POHV=0.062 V PWHD=0.17 %  
 Current: 41.528 Arms -106.093 Apk THD=107.03 % THC=30.342 A POHC=1.405 A PWHD=37.57 %  
 Power: 6414.9 W P1=6422.1 W 9559.1 VA  
 Powerfactor: 0.671 CosPhi1: 0.984  
 Testconditions: EN 61000-3-2 / A14, f=50 Hz, Phase=L1, Range=64.00 A  
 Time window cycles=16, Grouping of harmonics=off

An einen PAS 5000 Leistungsverstärker wurde ein Prüfling mit einer gleichbleibenden Dauerleistung und einer nichtlinearen Stromaufnahme angeschlossen.

PAS 5000 Nennleistung:  
5kVA

PAS 5000 Nennstrom:  
18.5A<sub>eff</sub>

Während der Demonstration lieferte der PAS 5000 einen Strom von > 41.5A<sub>eff</sub> und einen Spitzenstrom von > 106A<sub>p</sub>.

Die Analyse des Oberschwingungsgehaltes der stromaufnahme des Prüflings zeigt Bild 2.

In Bild 3 ist die Kurvenform des Eingangstromes des Prüflings und in Bild 4 dessen Frequenzspektrum dargestellt (mit den Grenzwerten der IEC/EN 61000-3-2)

### HARMONIC ANALYSIS: Test FAIL in Timewindow 1 of 1

Ha	Value	Percent	Angle	EN61000-3-2 Class A	Margin	PASS	FAIL
DC	0.03 A	0.10 %	- - - . - Deg	- . - - - -	- - - . -	X	
1	28.35 A	100.00 %	10.2 Deg	- . - - - -	- - - . -	X	
2	0.01 A	0.04 %	-158.5 Deg	1.0800 A	-99.1 %	X	
3	23.76 A	83.82 %	-149.0 Deg	2.3000 A	933.2 %		X
4	0.02 A	0.06 %	26.8 Deg	0.4300 A	-96.3 %	X	
5	16.20 A	57.15 %	53.4 Deg	1.1400 A	1321.3 %		X
6	0.01 A	0.05 %	-150.7 Deg	0.3000 A	-95.3 %	X	
7	8.22 A	29.00 %	-98.9 Deg	0.7700 A	967.6 %		X
8	0.01 A	0.03 %	13.6 Deg	0.2300 A	-96.9 %	X	
9	2.59 A	9.12 %	139.1 Deg	0.4000 A	546.4 %		X
10	0.01 A	0.02 %	122.1 Deg	0.1840 A	-96.8 %	X	
11	2.50 A	8.80 %	64.9 Deg	0.3300 A	656.2 %		X
12	0.01 A	0.03 %	-73.6 Deg	0.1533 A	-94.4 %	X	
13	2.66 A	9.38 %	-72.7 Deg	0.2100 A	1166.2 %		X
14	0.01 A	0.02 %	97.9 Deg	0.1314 A	-95.3 %	X	
15	1.47 A	5.19 %	147.9 Deg	0.1500 A	881.3 %		X
16	0.00 A	0.01 %	-137.2 Deg	0.1150 A	-97.2 %	X	
17	0.69 A	2.42 %	69.6 Deg	0.1324 A	418.4 %		X
18	0.01 A	0.02 %	5.6 Deg	0.1022 A	-94.8 %	X	
19	1.10 A	3.87 %	-40.6 Deg	0.1184 A	826.6 %		X
20	0.00 A	0.02 %	-162.5 Deg	0.0920 A	-94.8 %	X	
21	0.90 A	3.18 %	177.6 Deg	0.1071 A	742.9 %		X
22	0.00 A	0.01 %	86.2 Deg	0.0836 A	-98.2 %	X	
23	0.36 A	1.29 %	64.9 Deg	0.0978 A	273.0 %		X
24	0.01 A	0.02 %	-0.7 Deg	0.0767 A	-93.3 %	X	
25	0.50 A	1.76 %	-8.0 Deg	0.0900 A	453.2 %		X
26	0.01 A	0.02 %	-155.3 Deg	0.0708 A	-90.8 %	X	
27	0.58 A	2.05 %	-146.2 Deg	0.0833 A	598.5 %		X
28	0.00 A	0.01 %	48.0 Deg	0.0657 A	-93.9 %	X	
29	0.32 A	1.13 %	79.6 Deg	0.0776 A	312.2 %		X
30	0.00 A	0.00 %	-9.1 Deg	0.0613 A	-99.1 %	X	
31	0.23 A	0.80 %	15.7 Deg	0.0726 A	211.9 %		X
32	0.00 A	0.01 %	-117.1 Deg	0.0575 A	-93.6 %	X	
33	0.37 A	1.32 %	-109.0 Deg	0.0682 A	447.7 %		X
34	0.00 A	0.01 %	80.5 Deg	0.0541 A	-93.1 %	X	
35	0.28 A	1.01 %	109.4 Deg	0.0643 A	343.3 %		X
36	0.00 A	0.00 %	-58.0 Deg	0.0511 A	-98.1 %	X	
37	0.12 A	0.42 %	18.4 Deg	0.0608 A	97.1 %		X
38	0.00 A	0.01 %	-77.1 Deg	0.0484 A	-93.9 %	X	
39	0.23 A	0.80 %	-72.9 Deg	0.0577 A	295.1 %		X
40	0.00 A	0.02 %	125.6 Deg	0.0460 A	-89.2 %	X	

Geprüft mit EMC test software V2.3f / PAS5000 von Spitzenberger + Spies GmbH & Co. KG, Schmidstr. 32/34, D-94234 Viechtach, 11.10.2004

Bild 2: Strom-Oberschwingungen des Prüflings

## KURVENFORM UND FREQUENZSPEKTRUM DES EINGANGSSTROMES PRÜFLING

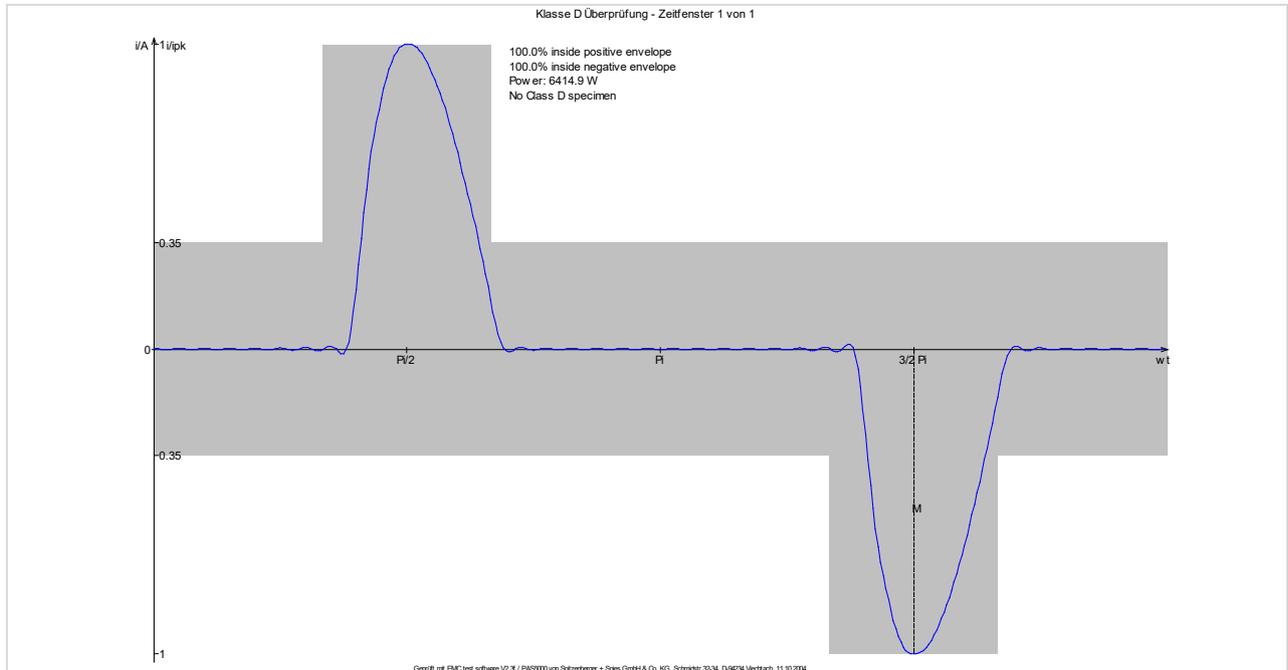


Bild 4: Eingangstrom ( $41A_{eff}/106A_p$ ) des Prüflings

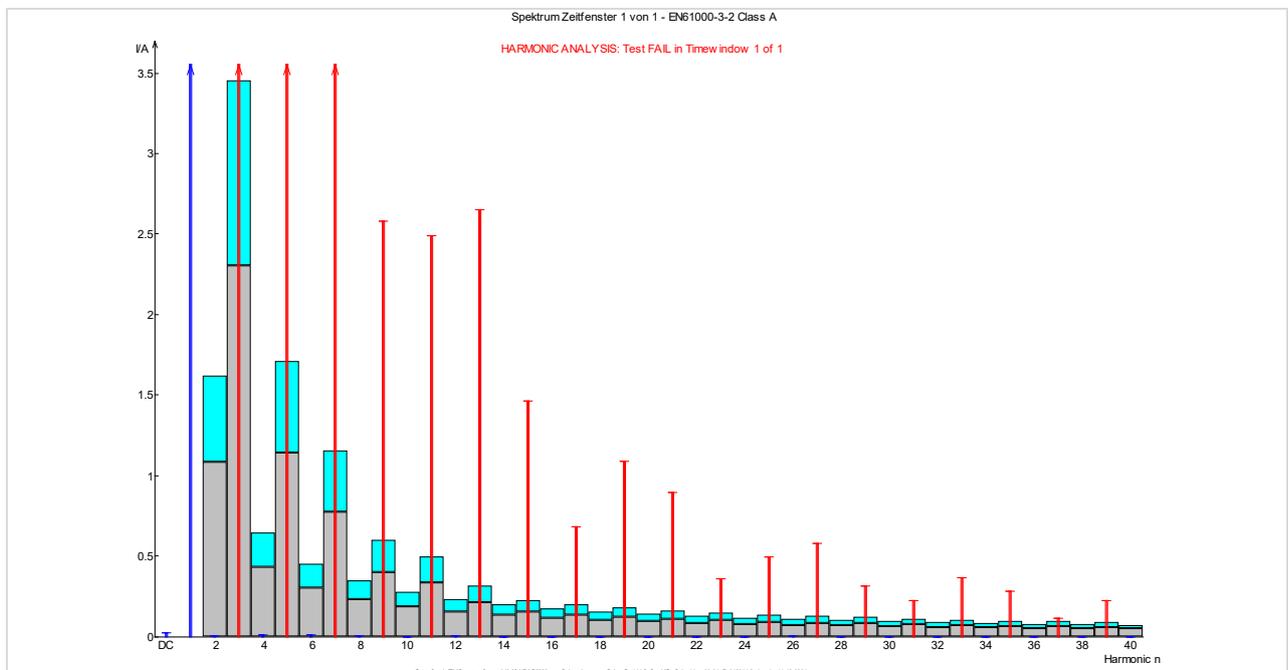


Bild 5: Frequenzspektrum des Eingangstromes

## SPANNUNGSKURVE UND FREQUENZSPEKTRUM PAS 5000

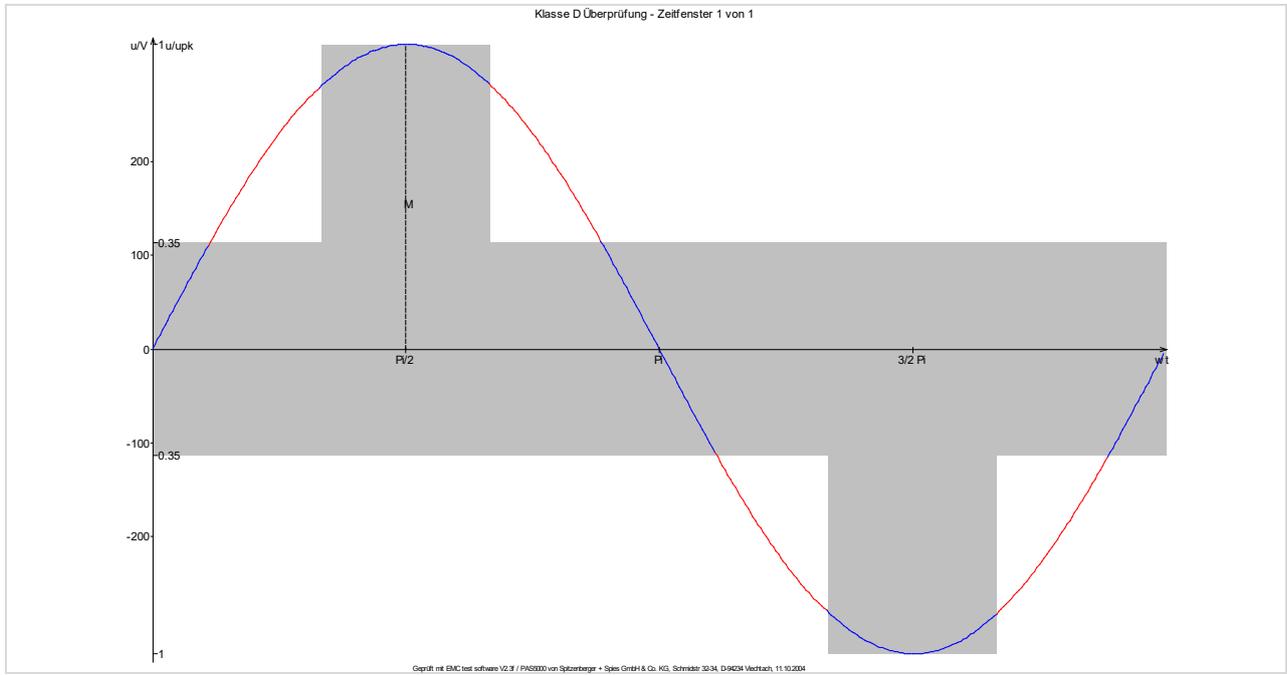


Bild 6: Ausgangsspannung 4-Quadranten Verstärker PAS 5000

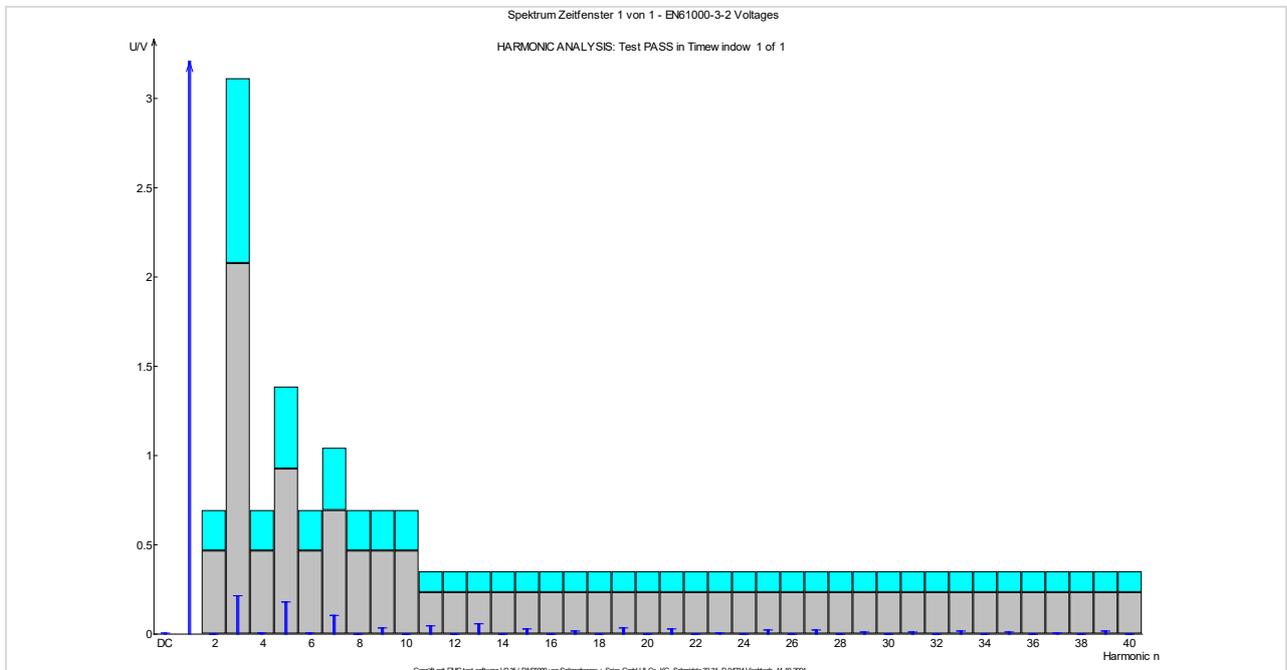


Bild 7: Frequenzspektrum der Ausgangsspannung PAS 5000

## OBERSCHWINGUNGSANALYSE PAS 5000

Die IEC/EN 61000-3-2 im Anhang A.2 fordert für die Spannungsquelle die Einhaltung der Grenzwerte für den Oberschwingungsgehalt der Spannung.

Die durchgeführten Messungen mit dem Prüfling mit nichtlinearer Stromaufnahme zeigen deutlich die erstklassige Performance der PAS Spannungsquelle.

Bild 6 zeigt die Kurvenform der Spannung während des Prüfdurchlaufes unter Belastung mit einem Strom von  $> 41.5A_{eff}$  und einem Spitzenstrom von  $> 106A_p$ .

Das Frequenzspektrum der Ausgangsspannung wird in Bild 7 dargestellt.

Die tabellarische wie auch die grafische Auswertung bescheinigt dem PAS 5000 vollste Konformität zu den Anforderungen an eine Prüfspannungsquelle wie in der IEC/EN 61000-3-2 gefordert. Der Abstand zwischen den erlaubten Grenzwerten und den tatsächlich gemessenen Werten ist sehr komfortabel.

Voltage: 230.18 Vrms 325.49 Vpk THD=0.14 % THV=0.328 V POHV=0.062 V PWHD=0.17 %  
 Current: 41.528 Arms -106.093 Apk THD=107.03 % THC=30.342 A POHC=1.405 A PWHD=37.57 %  
 Power: 6414.9 W P1=6422.1 W 9559.1 VA  
 Powerfactor: 0.671 CosPhi1: 0.984  
 Testconditions: EN 61000-3-2 / A14, f=50 Hz, Phase=L1, Range=64.00 A  
 Time window cycles=16, Grouping of harmonics=off

HARMONIC ANALYSIS: Test PASS in Timewindow 1 of 1

Ha	Value	Percent	Angle	EN61000-3-2 Voltages	Margin	PASS	FAIL
DC	0.006 V	0.00 %	- - - - Deg	- - - - -	- - - - -	X	
1	230.182 V	100.00 %	0.0 Deg	- - - - -	- - - - -	X	
2	0.005 V	0.00 %	-167.1 Deg	0.4604 V	-98.9 %	X	
3	0.220 V	0.10 %	62.5 Deg	2.0716 V	-89.4 %	X	
4	0.006 V	0.00 %	0.4 Deg	0.4604 V	-98.6 %	X	
5	0.183 V	0.08 %	-82.0 Deg	0.9207 V	-80.1 %	X	
6	0.007 V	0.00 %	-124.2 Deg	0.4604 V	-98.5 %	X	
7	0.107 V	0.05 %	134.8 Deg	0.6905 V	-84.4 %	X	
8	0.004 V	0.00 %	85.8 Deg	0.4604 V	-99.1 %	X	
9	0.037 V	0.02 %	26.4 Deg	0.4604 V	-92.0 %	X	
10	0.003 V	0.00 %	50.9 Deg	0.4604 V	-99.3 %	X	
11	0.050 V	0.02 %	-43.9 Deg	0.2302 V	-78.2 %	X	
12	0.003 V	0.00 %	-104.4 Deg	0.2302 V	-98.6 %	X	
13	0.060 V	0.03 %	176.9 Deg	0.2302 V	-74.1 %	X	
14	0.002 V	0.00 %	133.3 Deg	0.2302 V	-99.1 %	X	
15	0.032 V	0.01 %	42.6 Deg	0.2302 V	-86.1 %	X	
16	0.001 V	0.00 %	35.8 Deg	0.2302 V	-99.5 %	X	
17	0.020 V	0.01 %	-19.9 Deg	0.2302 V	-91.3 %	X	
18	0.002 V	0.00 %	-68.3 Deg	0.2302 V	-99.3 %	X	
19	0.037 V	0.02 %	-140.9 Deg	0.2302 V	-83.8 %	X	
20	0.002 V	0.00 %	152.6 Deg	0.2302 V	-99.1 %	X	
21	0.030 V	0.01 %	74.9 Deg	0.2302 V	-87.1 %	X	
22	0.001 V	0.00 %	18.6 Deg	0.2302 V	-99.5 %	X	
23	0.011 V	0.00 %	-16.1 Deg	0.2302 V	-95.4 %	X	
24	0.001 V	0.00 %	-33.8 Deg	0.2302 V	-99.5 %	X	
25	0.025 V	0.01 %	-98.3 Deg	0.2302 V	-89.3 %	X	
26	0.002 V	0.00 %	-178.9 Deg	0.2302 V	-99.2 %	X	
27	0.027 V	0.01 %	115.7 Deg	0.2302 V	-88.3 %	X	
28	0.001 V	0.00 %	41.6 Deg	0.2302 V	-99.7 %	X	
29	0.012 V	0.01 %	-12.5 Deg	0.2302 V	-94.9 %	X	
30	0.000 V	0.00 %	-42.4 Deg	0.2302 V	-99.8 %	X	
31	0.014 V	0.01 %	-66.7 Deg	0.2302 V	-93.8 %	X	
32	0.001 V	0.00 %	-138.5 Deg	0.2302 V	-99.4 %	X	
33	0.022 V	0.01 %	157.6 Deg	0.2302 V	-90.4 %	X	
34	0.001 V	0.00 %	77.9 Deg	0.2302 V	-99.5 %	X	
35	0.015 V	0.01 %	12.7 Deg	0.2302 V	-93.3 %	X	
36	0.000 V	0.00 %	-26.8 Deg	0.2302 V	-99.9 %	X	
37	0.008 V	0.00 %	-47.6 Deg	0.2302 V	-96.7 %	X	
38	0.001 V	0.00 %	-85.1 Deg	0.2302 V	-99.6 %	X	
39	0.019 V	0.01 %	-166.4 Deg	0.2302 V	-91.9 %	X	
40	0.001 V	0.00 %	97.8 Deg	0.2302 V	-99.4 %	X	

Geprüft mit EMC test software V2.3 / PAS5000 von Spitzenberger + Spies GmbH & Co. KG, Schmidstr 32-34, D-94624 Viechtach, 11.10.2014

Bild 8: Tabellarische Übersicht der Oberschwingungen der Spannung (PAS 5000)

Für alle 40 Oberschwingungen ist der gemessene Wert unter 25% des erlaubten Grenzwertes der IEC/EN 61000-3-2. Eine kontinuierliche Weiterentwicklung der 4-Quadranten Verstärker Serie PAS führt künftig zu noch besseren Performance Werten.

PAS 4-QUADRANTEN VERSTÄRKER:

DIE REFERENZQUELLE FÜR ALLE ANFORDERUNGEN