

# EMV und Funktionale Sicherheit für Leistungsantriebssysteme mit integrierten Sicherheitsfunktionen

## Festlegung der Prüfschärfegrade Prüfbedingungen

### 1 Allgemeines

Zur Steuerung von Maschinenbewegungen werden häufig elektronische Betriebsmittel eingesetzt, die naturgemäß durch elektromagnetische Phänomene beeinflusst werden können. Entsprechend der Normung für den Bereich der Maschinen müssen diese Betriebsmittel eine erhöhte Störfestigkeit aufweisen, sofern damit sicherheitsbezogene Funktionen realisiert werden. Wie ein Nachweis der erhöhten Störfestigkeit erfolgen kann, ist z. Zt. (Juni 2006) nicht normativ beschrieben. Für Leistungsantriebssysteme mit integrierten Sicherheitsfunktionen stellt das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz – BGIA daher eine Festlegung vor, die demnächst in einen berufsgenossenschaftlichen Prüfgrundsatz für diese Produkte einfließen wird. Der Aspekt Störfestigkeit gegenüber elektromagnetischen Phänomenen wird hier vorab veröffentlicht.

### 2 Leistungsantriebssysteme mit integrierten Sicherheitsfunktionen

Leistungsantriebssysteme sind Antriebssteuergeräte zur drehzahlgeregelten Ansteuerung von Asynchron- und Synchronmotoren. Werden in diese Geräte Sicherheitsfunktionen integriert, z. B. zur Vermeidung eines unerwarteten Anlaufs oder der sicheren Reduzierung von Geschwindigkeiten, so spricht man von Leistungsantriebssystemen mit einstellbarer Drehzahl (PDS) mit integrierten Sicherheitsfunktionen (PDS (SR))<sup>1</sup>. Der Stromrichter ist dann neben Motor und Sensor(en) ein Teil des PDS (SR) und übernimmt sicherheitsrelevante Aufgaben. Bei Entwicklung und Anwendung dieser Produkte greifen daher die Normen, die Anforderungen für die Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme enthalten.

### 3 EMV-Anforderungen der Sicherheitstechnik

Die sicherheitsbezogenen Anforderungen an PDS (SR) werden z. Zt. durch die Normenreihe DIN EN 61508 vorgegeben. Zur Verringerung der Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen sind in Tabelle A17 der Norm DIN EN 61508-2: 2002 [1] Anforderungen festgelegt. Hier wird für alle SIL (Safety Integrity Level) verbindlich eine Erhöhung der Störfestigkeit gefordert. Allerdings gibt diese Norm keinerlei Hinweise, wie die erhöhte Störfestigkeit nachgewiesen werden

---

<sup>1</sup> PDS (SR): Power Drive System (Safety Related)



kann. Insbesondere fehlt eine Festlegung der Prüfschärfegrade. Die für PDS (SR) als Entwurf existierende Produktnorm IEC 61800-5-2 [2] enthält ebenfalls keine Festlegung der Prüfschärfegrade, da die Anwendung von PDS (SR) in sehr unterschiedlichen Umgebungen erfolgen kann. Dementsprechend können die jeweils zu erfüllenden Anforderungen unterschiedlich sein. Einen Ausweg bietet die ebenfalls im Entwurf vorliegende Norm IEC 61326-3-1 [3]. Hier werden Prüfschärfegrade festgelegt, die den Nachweis einer erhöhten Störfestigkeit für die meisten industriellen Umgebungsbedingungen erbringen sollen. Allerdings wird diese Norm zurzeit (Stand: Juni 2006) kontrovers diskutiert. Insofern kann nicht von einem stabilen Zustand ausgegangen werden.

#### **4 Festlegung der Prüfschärfegrade**

Trotz der unklaren Situation in der Normung zur EMV und Funktionalen Sicherheit müssen PDS (SR), die heute in Verkehr gebracht werden, der von DIN EN 61508 geforderten erhöhten Störfestigkeit entsprechen. Als pragmatischen Ansatz hat das BGIA hierzu eine Festlegung von Prüfschärfegraden getroffen, die bei der Prüfung und Zertifizierung eines PDS (SR) für den Einsatz an Maschinen angewendet werden. Hierbei wurde das Konzept der CDV IEC 61326-3-1, das teilweise auch in der Norm DIN EN 62061 [4] für Maschinensteuerungen Anwendung findet, im Wesentlichen übernommen. Je nach erforderlichem Safety Integrity Level werden dabei Prüfpegel verdoppelt bzw. der nächsthöhere Prüfschärfegrad gewählt. Ggf. wird auch die Prüfungsdauer oder die Anzahl der Störimpulse erhöht. Eine Abweichung zur CDV IEC 61326-3-1 gibt es dennoch, da diese Norm als Basis die Fachgrundnorm für Industriegeräte (DIN EN 61000-6-2 [5]) verwendet. Für PDS gibt es jedoch eine produktspezifische EMV-Norm DIN EN IEC 61800-3 [6], die von der Fachgrundnorm abweichende Werte für die Phänomene „leitungsgeführte HF“ und „Surge“ enthält. Das Konzept von erhöhten Werten bzw. veränderter Anzahl/Dauer wird daher auf die Werte der Norm DIN EN IEC 61800-3 angewendet. Die einzelnen Prüfschärfegrade finden sich im Anhang dieses Beitrags.

#### **5 Prüfbedingungen und Prüfkriterium**

Die Erfüllung der Anforderungen von DIN EN 61508 soll sicherstellen, dass sicherheitsrelevante Produkte durch elektromagnetische Einwirkungen nicht unsicher ausfallen. Es werden keine Anforderungen an die Produktverfügbarkeit gestellt. Konsequenterweise wird in CDV IEC 61326-3-1 und in der Produktnorm für PDS (SR) (CDV IEC 61800-5-2) das Prüfkriterium FS eingeführt. Die Sicherheitsfunktion bleibt dabei während der Einwirkung einer Beeinflussung entweder vollständig erhalten oder wird temporär/dauerhaft gestört, ein definierter Sicherer Zustand wird eingehalten oder innerhalb der spezifizierten Fehlerreaktionszeit erreicht. Die Zerstörung von Bauteilen des Typ A<sup>2</sup> ist erlaubt, wenn bauartbedingt ein Sicherer Zustand eingehalten oder innerhalb der Fehlerreaktionszeit erreicht wird.

---

<sup>2</sup> entsprechend [1], Abs. 7.4.3.1.2: Bauteile, deren Ausfallverhalten ausreichend definiert ist, deren Verhalten unter Fehlerbedingungen vollständig bestimmt werden kann und für die verlässliche Ausfalldaten existieren. Dies trifft z. B. zu auf Widerstände und Transistoren, jedoch nicht auf Mikroprozessoren, FPGAs und ähnliche komplexe Bauteile.



Das Kriterium ist nur auf die Sicherheitsfunktion anzuwenden. Bei erhöhten Störpegeln besteht keine Anforderung an die normale Funktion des EUT<sup>3</sup>.

## 5.1 Gehäuse

Bei einigen Prüfungen ist es von Bedeutung, ob als physikalische Grenze des Geräts das EUT oder der Schaltschrank, in den das EUT eingebaut wird, angenommen wird. Für diese Entscheidung ist Folgendes zu berücksichtigen: Die Maschinenrichtlinie [7] verlangt vom Maschinenhersteller, dass die Verwendung einer Maschine in der voraussichtlichen Lebensdauer ohne Gefährdung von Personen erfolgt. Dabei werden neben dem Betrieb auch Montage, Rüsten und Wartung erwähnt. In der Norm DIN EN ISO 12100-1 [8] wird dies u. a. durch Nennung der Phasen Inbetriebnahme und Fehlersuche weiter konkretisiert. In diesen Lebensphasen einer Maschine ist davon auszugehen, dass auch bei geöffnetem Schaltschrank Maschinenbewegungen erfolgen. Die Ursache für die Öffnung der Schaltschranktür kann hierbei durchaus auch in Arbeiten an anderen, im selben Schaltschrank befindlichen Geräten liegen. Als physikalische Grenze des Geräts ist daher in der Regel das Gehäuse des EUT anzusetzen. Der Schaltschrank als physikalische Grenze des EUT kann in den Fällen angenommen werden, bei denen sich außer dem EUT keine weiteren Geräte im Schaltschrank befinden und eventuelle Einstellarbeiten am EUT vernünftigerweise nicht bei geöffneter Tür durchgeführt werden.

## 5.2 Erkennung und Beeinflussung

Der Prüfaufbau und der Prüfablauf sind so zu gestalten, dass eine mögliche Beeinflussung auch tatsächlich festgestellt werden kann. Hierbei muss nicht zwangsläufig ein Test von kompletten und allen vorgesehenen Sicherheitsfunktionen erfolgen, sofern eine vollständige Abdeckung der zu testenden Hardware gewährleistet ist.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN 61508: Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer/elektronischer Systeme. Beuth, Berlin. Teil 2: Anforderungen an sicherheitsbezogene elektrische/elektronische/programmierbare elektronische Systeme (12.02). Beuth, Berlin 2002
- [2] CDV IEC 61800-5-2: Adjustable speed electrical power drive systems, Safety Requirements, Functional (2006)
- [3] CDV 61326-3-1: Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements. Part 3-1: Immunity requirements for equipment performing or intended to perform safety related functions (functional safety) – General industrial applications (November 2005)
- [4] DIN IEC 62061: Sicherheit von Maschinen – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme (10.05). Beuth, Berlin 2005

---

<sup>3</sup> Equipment under test



- [5] DIN EN 61000-6-2: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Teil 6-2: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Industriebereiche (03.06). Beuth, Berlin 2006
- [6] DIN EN 61800-3: Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe. Teil 3: EMV-Anforderungen einschließlich spezieller Prüfverfahren (07.05). Beuth, Berlin 2005
- [7] Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen. ABl. EG Nr. L 207 (1998), S. 1; geänd. durch Richtlinie 98/79/EG – ABl. EG Nr. L 331 (1998), S. 1
- [8] DIN EN ISO 12100-1: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze. Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie (04.04). Beuth, Berlin 2004

**Autoren:** Ralf Apfeld, Dominik Zürrer  
Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BGIA,  
Sankt Augustin



## Anhang

### A.1 Störfestigkeit gegen hochfrequente Phänomene für PDS (SR), die für den Einsatz an Maschinen und in der zweiten Umgebung vorgesehen sind

Anschluss	Phänomen	Grundnorm für das Prüfverfahren DIN EN	Pegel/Kriterium nach DIN EN 61800-3	Erhöhte Störfestigkeit (Festlegung des BGIA)	Kriterium des Betriebsverhaltens	Kommentar
Gehäuse <sup>1</sup>	Elektrostatische Entladung	61000-4-2	4 kV CD oder 8 kV AD wenn CD nicht möglich /B	6 kV CD oder 15 kV AD wenn CD nicht möglich <sup>(g)</sup>	FS	
	Hochfrequentes elektromagnetisches Feld	61000-4-3	80 MHz bis 1000 MHz 10 V/m, 80 % AM (1 kHz) /A	80 MHz bis 1000 MHz 20 V/m, 1,4 GHz bis 2 GHz 10 V/m, 2,0 GHz bis 2,7 GHz 3 V/m, 80% AM (1 kHz)	FS	Frequenzbereich siehe Tabelle 1
Stromversorgungsanschlüsse	Schnelle Transienten, Burst	61000-4-4	2 kV/5 kHz <sup>a</sup> /B	4 kV / 5 kHz <sup>(a) h</sup>	FS	
	Stoßspannung, Surge <sup>b</sup>	61000-4-5	1 kV <sup>(c)</sup> /2 kV <sup>d</sup> /B	2 kV <sup>(c)</sup> / 4 kV <sup>d, i</sup>	FS	
	Leitungsgeführte hochfrequente Gleichtaktstörung <sup>e</sup>	61000-4-6	0,15 MHz bis 80 MHz 10V, 80 %, AM (1 kHz) /A	0,15 MHz bis 80 MHz 20V, 80%, AM (1 kHz)	FS	Frequenzbereich siehe Tabelle 2



Anschluss	Phänomen	Grundnorm für das Prüfverfahren DIN EN	Pegel/Kriterium nach DIN EN 61800-3	Erhöhte Störfestigkeit (Festlegung des BGIA)	Kriterium des Betriebsverhaltens	Kommentar
Stromversorgungsschnittstellen	Schnelle Transienten, Burst <sup>e</sup>	61000-4-4	2 kV/5 kHz /B	4 kV / 5 kHz <sup>h</sup>	FS	
Signalschnittstellen	Schnelle Transienten, Burst <sup>e</sup>	61000-4-4	1 kV/5 kHz /B	2 kV / 5 kHz <sup>h</sup>	FS	
	Stoßspannung, Surge	61000-4-5	---	0,5 kV <sup>d fi</sup>	FS	
	Leitungsgeführte hochfrequente Gleichtaktstörung <sup>e</sup>	61000-4-6	0,15 MHz bis 80 MHz 10V, 80 % AM (1 kHz) /A	0,15 MHz bis 80 MHz 20V, 80%, AM (1 kHz)	FS	Frequenzbereich siehe Tabelle 2
Anschlüsse für die Prozessmessung und -steuerung und -regelung	Schnelle Transienten, Burst <sup>e</sup>	61000-4-4	2 kV/5 kHz /B	4 kV / 5 kHz <sup>h</sup>	FS	
	Stoßspannung, Surge <sup>f</sup>	61000-4-5	1 kV <sup>d f</sup> /B	2 kV <sup>d fi</sup>	FS	
	Leitungsgeführte hochfrequente Gleichtaktstörung <sup>e</sup>	61000-4-6	0,15 MHz bis 80 MHz 10V, 80 % AM (1 kHz) /A	0,15 MHz bis 80 MHz 20V, 80 % AM (1 kHz)	FS	Frequenzbereich siehe Tabelle 2



- <sup>1</sup> Die physikalische Grenze des Gerätes (Betriebsmittel, Einrichtung), durch die elektromagnetische Felder abstrahlen oder durch die elektromagnetische Felder eintreten können.
- <sup>a</sup> Stromversorgungsanschlüsse mit einer Bemessungsstromstärke  $< 100$  A: direkte Einkopplung unter Verwendung eines Koppel- und Entkoppelnetzwerkes. Bei einer Bemessungsstromstärke  $> 100$  A sind spezielle Vereinbarungen zu treffen.
- <sup>b</sup> Gilt nur für Stromversorgungsanschlüsse mit einer Stromaufnahme  $< 63$  A bei Schwachlast-Prüfbedingungen nach Festlegung in DIN EN 61800-3, 5.1.3.
- <sup>c</sup> Einkopplung Außenleiter zu Außenleiter
- <sup>d</sup> Einkopplung Außenleiter zu Erdpotenzial
- <sup>e</sup> Gilt nur für Anschlüsse oder Schnittstellen mit Kabeln, deren Gesamtlänge nach Funktionsspezifikation des Herstellers 3 m überschreiten kann.
- <sup>f</sup> Gilt nur für Anschlüsse mit Kabeln, deren Gesamtlänge nach Funktionsspezifikation des Herstellers 30 m überschreiten kann. Bei einem geschirmten Kabel erfolgt eine direkte Kopplung des Schirmes.
- <sup>g</sup> Für SIL 3 ist die Gesamtzahl der Entladungen beim höchsten Störpegel zu verdreifachen. Diese zusätzlichen Entladungen sollen auf andere Punkte durchgeführt werden als die vorherigen Testpunkte.
- <sup>h</sup> Für SIL 3 ist die Dauer der Prüfung zu verfünffachen.
- <sup>i</sup> Für SIL 3 ist die Anzahl der Impulse zu verdreifachen.

Die verwendeten Anschlussbezeichnungen sind der DIN EN 61800-3 entnommen. Darin befinden sich auch die Definitionen der Anschlüsse.



### **Tabelle 1: Spezielle Frequenzen zur Prüfung Hochfrequenter elektromagnetischer Felder**

Bei diesen Frequenzen muss die Prüfung mit erhöhtem Störpegel durchgeführt werden. Bei anderen Frequenzen muss der Störpegel nicht erhöht werden.

<b>Mittenfrequenz in MHz</b>	<b>Frequenzbereich</b>	<b>Anwendung</b>
84.000	83.996 bis 84.004	ISM nur UK
	137 bis 174	diverse Mobile und SRD
168.000	167.992 bis 168.008	ISM nur UK
	390 bis 430	TETRA
	430 bis 470	Amateur
433.920	433.050 bis 434.790	ISM nur Region 1
896.000	886.000 bis 906.000	ISM nur UK
897.500	880 bis 915	GSM
915.000	902 bis 928	ISM nur Region 2
	925 bis 960	GSM
1745.750	1710 bis 1785	GSM
	1805 bis 1880	GSM
	1900 bis 2025	UMTS
	2110 bis 2200	UMTS
2450	2400 bis 2500	ISM
	2500 bis 2690	UMTS

### **Tabelle 2: Spezielle Frequenzen zur Prüfung Leitungsgeführter hochfrequenter Gleichtaktstörungen**

Bei diesen Frequenzen muss die Prüfung mit erhöhtem Störpegel durchgeführt werden. Bei anderen Frequenzen muss der Störpegel nicht erhöht werden.

<b>Mittenfrequenz in MHz</b>	<b>Frequenzbereich</b>	<b>Anwendung</b>
3.390	3.370 bis 3.410	ISM nur Niederlande
6.780	6.765 bis 6.795	ISM
13.560	13.553 bis 13.567	ISM
27.120	26.957 bis 27.283	ISM/CB/SRD
40.680	40.660 bis 40.700	ISM/SRD





**A.2 Störfestigkeit gegen niederfrequente Phänomene für PDS (SR) mit einer Bemessungsspannung kleiner als 1000 V und für den Einsatz an Maschinen und in der zweiten Umgebung**

Es sind die Prüfungen gemäß DIN EN 61800-3 durchzuführen. Es bestehen keine erhöhten Anforderungen. Kriterium ist jeweils FS.

