

Von der Industrie zum Schiffbau

Prüftechnik Mit rund 11,6 Mrd. Euro Umsatz ist die Schiffbau- und Offshore Zuliefererindustrie ein wichtiger Absatzmarkt – auch für klassische Industrieprodukte. Doch welche Prüfungen sind eigentlich notwendig, um entscheiden zu können ob sich dafür eine Variantenkonstruktion lohnt? Phoenix Testlab hilft hier mit seinem Zulassungsmanagement.

Dietmar Frei*

Aufgrund neuer Bestimmungen der International Maritime Organisation (IMO), wie die Emissionsstandards [1] oder das Übereinkommen der Ballastwasser-Behandlungssysteme [2], ergeben sich neue Einsatzmöglichkeiten von Industrieprodukten im Schiffbau. Dabei wird Mess-, Steuer- und Regelungstechnik benötigt, um diese Standards einhalten zu können. Alle Schiffe werden von einer

*Dipl. Ing. Dietmar Frei, Head of Customer Communications Department, Phoenix Testlab

Klassifikationsgesellschaft (weiterhin Klasse genannt) – z.B. DNV/GL, Lloyds Register – von der ersten Zeichnung bis zur Entsorgung begleitet und zertifiziert. **Elektrotechnische Produkte, die an Bord eingesetzt werden, müssen eine Baumusterprüfung bestehen, um ein Zertifikat zu erhalten. Diese basieren auf dem International Association of Classification Societies Type Approval (IACS E10) [3], welches Prüfungen der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) sowie der Umweltsimulation (UWS) festlegt.**

Sie sind als Ergänzung zu den Harmonisierten Prüfungen der EU,

wie der EMV Fachgrundnorm EN 61000-6-X, aufgebaut. Weiterhin gestalten die Klassen ihre Baumusterprüfungen abweichend zum IACS E10 Standard, um auf einen für ihren Kundenkreis angepassten Standard zurückgreifen zu können.

Im Folgenden werden die EMV-Anforderungen beschrieben, die nicht in den harmonisierten Standards der EU enthalten sind. Als Vergleichsbasis wird in diesem Fall die EMV-Fachgrundnorm EN 61000-6-2 für die Störaussendung und EN 61000-6-4 für die Störfestigkeit herangezogen.

Prüfung: Störaussendung

Aufgrund maritimer Anwendungen im Langwellenbereich, etwa für die Funknavigation LORAN C (Long Range Navigation) mit einer Trägerfrequenz von 100 kHz wird auch das Frequenzband von 10 kHz bis 30 MHz betrachtet. Taktfrequenzen von Taktnetzteilen befinden sich in diesem Band, weil es außerhalb der reglementierten Frequenzbänder der Industrie (siehe z.B. EN 61000-6-2) liegt. Aus diesem Grund wird empfohlen, eine leitungsgebundene Störaussendungsprüfung laut IACS E10 in diesem Band als vorbereitenden sogenannten Precompliance-Test durchzuführen.

Hinweis: Für diese Prüfung sind angepasste Koppelnetzwerke (CDN's) notwendig, die ab einer Grenzfrequenz von 10 kHz arbeiten.

Leitungsgebundene Störaussendungsprüfungen auf DC-Leitungen sind weiterhin eine gegenüber der Fachgrundnorm außergewöhnliche Anforderung der Baumusterprüfung laut IACS E10, die ein überraschendes Ergebnis liefern. Dieses Phänomen ist mit zusätzlichen Filtern zu

▼ Aufgrund neuer Bestimmungen der IMO ergeben sich auch neue Einsatzmöglichkeiten von Industrieprodukten im Schiffbau.



Bild: Phoenix Testlab



Bild: Phoenix Testlab

▲ **Produkttest für ein Zertifikat: Resonanzuntersuchung auf einer elektromagnetischen Schwingungsanlage**

bewältigen. **Eines der sensibelsten Funkbänder liegt im Frequenzbereich von 156 bis 165 MHz – hier wird der analoge Seefunk übertragen.** Viele Industrieprodukte nutzen zur Regelung ihrer internen Prozesse Mikroprozessoren mit einer Taktfrequenz von 16 oder 32 MHz. Damit liegt die 5. oder 10. Oberwelle des Taktes im sogenannten Seefunkfenster. Der Grenzwert in diesem Band beträgt 24 dBuV/m und ist damit weit unterhalb der Anforderungen der Fachgrundnorm (siehe Graphik 2).

Um diesen Grenzwert mit einem Messempfänger detektieren zu können, sind Empfänger notwendig, die eine Reduzierung der Bandbreite von 200 auf 9 kHz zulassen. Werden ausgeprägte Oberwellen im Seefunkfenster empfangen, sind massive EMV-Maßnahmen erforderlich, um diese spektrale Ausseitung zu unterdrücken. Eine Alternative ist die Verschiebung der Taktfrequenz (z.B. 16,5 MHz), um die Oberwelle aus dem Fenster zu schieben.

Prüfung: Einkopplung niederfrequenter Störungen

Das Versorgungsnetz an Bord ist zu vergleichen mit einem Inselnetz und hat nicht die Qualität einer Industrierversorgung nach einem Mittelspannungs-Transformator. Ein Übersprechen auf die Versorgungsleitungen verursacht Einkopplungen von Störungen im Frequenzbereich von 50 Hz bis 10 kHz in die Produkte auf allen möglichen Spannungsebenen (z.B. 400 V AC, 230 V AC oder 24 DC). Aus diesem Grund haben die Baumusterprüfungen aller Klassen eine Prüfvorschrift für die Einkopplung auf die Versorgungsleitung aufgenommen.



Bild: Phoenix Testlab

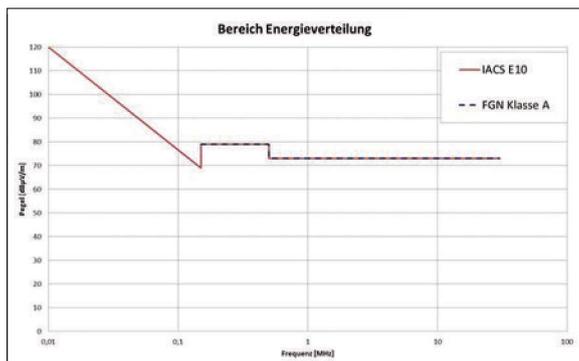
▲ **Prüfung der Feuchten Wärme in einem Klimaschrank**

men, die über einen Mischer oder einen NF-Übertrager realisiert wird. Auch diese Prüfung ist als Precompliance-Test zu empfehlen, weil Resonanzerscheinungen im Eingang die EMV-Bauteile wie Drosseln, Kondensatoren und Überspannungselemente zerstören können. Diese Prüfung deckt auch unerwünschtes Verhalten von Eingangsbauteilen, wie Spannungsreglern auf.

Baumusterprüfung Umweltsimulation

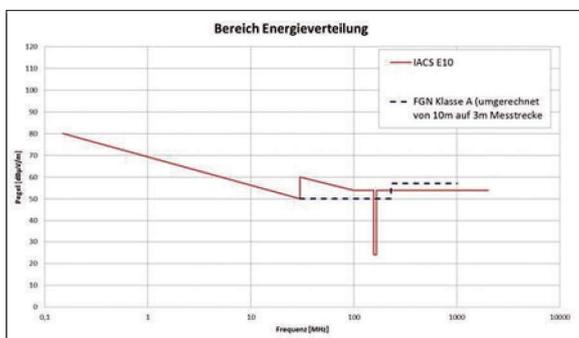
Umweltsimulationsprüfungen, wie Schwingungs- und Klimaprüfungen, sind weitere Herausforderungen an Industrieprodukte auf dem Weg zu einem Zertifikat. Die Prüfungen unterscheiden sich sowohl in der Anforderung der Prüfparameter als auch in der Beschreibung, wie sich ein Prüfling während der Tests zu verhalten hat. Die Funktionsprüfung während des Tests unterscheidet sich deutlich von den Industrieanforderungen der EN 60068-2-x.

Die Schwingungsprüfung ist ein zweistufiges Prüfverfahren. Einer



Grafik: Phoenix Testlab

▲ Grafik 1: Leitungsgebundene Störaussendung im Vergleich Fachgrundnorm (FGN) EN 61000-6-4 und IACS E10 im Bereich Energieverteilung im Schiff



Grafik: Phoenix Testlab

▲ Grafik 2: Vergleich Störaussendung EN 61000-6-4 Fachgrundnorm (FGN) und IACS E10 im Bereich Energieverteilung im Schiff

Resonanzuntersuchung zur Bestimmung der Resonanzstellen folgt eine Dauerlastprüfung von 90 Minuten pro Resonanzstelle unter Funktion des Prüflings.

Schwingungsprüfung in zwei Stufen

Abhängig vom Einsatzort des Produktes (z.B. Brücke, Maschinenraum am Motor, Mast) wird eine Prüf-Beschleunigung von 0,7 bis 4 g festgelegt. Der Frequenzbereich befindet sich in den Standardfällen zwischen 2 und 100 Hz. Eine Ausnahme bilden die Komponenten und Geräte, die an Abgasleitungen von mittelschnellen und schnelllaufenden Dieselmotoren installiert sind. In diesen Fällen wird eine Überlagerungsprüfung von Schwingungs- und Wärmeprüfung vorgeschrieben, die in einem Frequenzbereich von 40 bis 2000 Hz, mit einer Beschleunigung von 10 g und bei einer Temperatur von 600 °C durchgeführt werden.

Bei der Resonanzuntersuchung legt der Surveyor fest, an welchen Stellen am und im Produkt die

Beschleunigungsaufnehmer angebracht werden. Damit ist die Prüfung von ihm abhängig und die Erkenntnisse aus dem Precompliance-Test sind bedingt aussagekräftig. Ideal ist eine berührungslose Schwingungsanalyse auf Basis einer Laser-Vibrometrie, mit der jede Resonanzstelle erkannt wird [4].

Die charakterisierende Größe einer Resonanzstelle ist der Überhöhungsfaktor Q. Er wird bestimmt durch das Verhältnis der angeregten Amplitude der Beschleunigung [m/s^2] zum Maximalwert der Amplitude in der Resonanzstelle. Laut IACS E10 werden ausschließlich Resonanzstellen ab einem Überhöhungsfaktor größer 2 betrachtet und der Faktor darf den Wert von 10 nicht überschreiten.

Besonders elektrotechnische Produkte, die aufgrund ihrer langen mechanischen Struktur tordieren (z.B. Industriesteuerungen) oder Gehäuseformen, die einen ungünstigen Schwerpunkt haben (z.B. Hutschienenmodule mit einem Kühlkörper auf der Frontseite) sind gefährdet, Resonanzstellen auszubilden, die außerhalb der Grenzwerte liegen. Maßnahmen, die die Resonanzstellen dämpfen oder die Resonanzen weit aus dem zu messenden Frequenzband schieben, sind mit einem aufwändigen mechanischen Redesign verbunden.

Weiterhin erreichen herausragende Bauteile auf der Platine, wie große Elektrolytkondensatoren, ohne ausreichende Befestigung schnell einen Überhöhungsfaktor größer 10. In diesem Fall hilft ein zusätzliches Verkleben der Bauteile mit der Platine.

Die Dauerlastprüfung von 90 Minuten in den Resonanzstellen wird unter Funktion des Prüflings durchgeführt. Zum Thema Funktion ist vom Hersteller festzulegen, welche Funktion sinnvoll ist und wie groß die Abweichung vom Sollwert während des Tests betragen darf, um den Prüfling bewerten zu können.

Feuchte-Wärme-Anforderung: Klimaprüfung

Mit der Feuchte-Wärme-Anforderung beabsichtigen die Klassen, Schäden an elektrotechnischen Produkten unter Einfluss von Kondenswasser auszuschließen. Es werden Prüfzyklen zwischen Raumtemperatur (23 °C) und 55 °C mit einer Luftfeuchtigkeit von 95 Prozent gefahren. Die Prüfungsdauer beträgt 48 Stunden und in ausgewählten Zeitfenstern sind Funktionsprüfungen während der Prüfung durchzuführen. Um die Verhältnisse im Klimaschrank zu verdeutlichen, sei an dieser Stelle erwähnt,

dass sich in einem 1.200 l großen Klimaschrank bei einer Luftfeuchtigkeit von 96 Prozent und 55 °C Temperatur 109 g Wasser in der Luft befinden. Wird der gleiche Klimaschrank von 55 auf 23 °C abgekühlt, kann die Luft nur noch 17 g Wasser aufnehmen. Die restlichen 92 g Wasser werden an den kältesten Stellen im Schrank kondensieren.

Kühlen Bauteile im Prüfling schneller ab als ihre Nachbarn, wird sich besonders viel Kondenswasser auf den kühleren Bauteilen ablagern. Die Frage ist, wo es sich im Produkt sammeln und bei steigenden Temperaturen wieder verdunsten wird. In diesen Bereichen (zum Beispiel auf der Platine) entstehen Verunreinigungen, die den Isolationswiderstand des Produktes verändern. Aus diesem Grund wird vor und nach der Prüfung eine Isolationsfestigkeit-Untersuchung durchgeführt.

Mit dieser Prüfung haben Produkte ein Problem, die bei 55 °C außerhalb ihrer Spezifikation arbeiten, etwa Touchscreens. Bei wassergekühlten Bauteilen, die unterhalb von 55 °C betrieben werden (zum Beispiel Leistungshalbleiter), ist eine ständige Kondensation vorhanden. In diesem Fall ist ein „coating“ der Leiterplatte erforderlich, oder, wenn möglich, ein Vergießen der gefährdeten Teile des Produktes in Betracht zu ziehen, um die Isolationsprüfung zu bestehen.

Zusammenfassung

Mit den beschriebenen ausgewählten EMV- und Umweltsimulationsprüfungen wird sichtbar, ob sich ein Produkt für maritime Anwendungen eignet. Herausforderungen für eine Variantenkonstruktion liegen vor, wenn mit dem Precompliance-Test ausgeprägte Oberwellen im Seefunkfenster sowie Resonanzstellen in der mechanischen Konstruktion erkannt werden. In diesem Artikel ist ausschließlich die Anforderung des Basisstandards IACS E10 diskutiert worden. Soll ein Produkt die Anforderungen unterschiedlicher Klassen berücksichtigen, ist ein Prüfplan aufzubauen, der die maximalen Anforderungen aller Klassen beinhaltet. Der Prüfplan ist mit den jeweiligen Surveyor der Klasse abzustimmen. [in]

Literatur:

- [1] MARPOL 73/78, 27. September 1997, IMO „Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships“
- [2] Richtlinien für die Genehmigung von Ballastwasser-Behandlungssystemen (G8) (Resolution MEPC.174(58))
- [3] IACS Rep.2010, Section E10
- [4] Technische Universität Dresden, Laser-Vibrometrie