

Luft- und Raumfahrt
Statische Umformer für Luftfahrzeuge
 Technische Lieferbedingungen

DIN
EN 3700

Aerospace series; Static inverters for aircraft;
 Technical specification

Einsprüche bis 31. Jan 1994

Série aérospatiale; Convertisseurs statiques pour aéronefs;
 Spécification technique

Anwendungswarnvermerk beachten!

Die Anerkennung durch das Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung und das Luftfahrt-Bundesamt ist vorgesehen.

Nationales Vorwort

Die Europäische Vereinigung der Hersteller von Luft- und Raumfahrtgerät (AECMA) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde AECMA Assoziierte Organisation (ASB) des CEN. Somit gilt der organisatorische Ablauf für die Erstellung von Normen der AECMA bis zur CEN-Schlußabstimmung. Die Schlußabstimmung wird nach den Gemeinsamen CEN/CENELEC-Regeln durchgeführt.

Die AECMA-Vornorm prEN 3700, Ausgabe Juni 1993 liegt laut Beschluß 169 des AECMA/CN nur in der Englischen Fassung vor und ist von der AECMA-Kommission C 2 unter Mitwirkung deutscher Experten ausgearbeitet worden.

Die Behördenanerkennung wird innerhalb des AECMA-Ablaufes durchgeführt.

Entsprechend Beschluß 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats der Normenstelle Luftfahrt sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde in diesem nationalen Norm-Entwurf der deutschen Übersetzung die Englische Fassung der AECMA-Vornorm hinzugefügt.

Wird eine EN im CEN-Abstimmungsverfahren angenommen, sind alle CEN-Mitglieder zur Übernahme verpflichtet. Diese Übernahme in das Deutsche Normenwerk ist auch dann zwingend, wenn Deutschland mit Nein gestimmt hat.

Für die im Inhalt zitierten Internationalen Normen wird im folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 2678 siehe DIN 65 092

Zitierte Normen

- in der deutschen Übersetzung und der Englischen Fassung:

siehe Abschnitt 2

- in nationalen Zusätzen:

DIN 65 092 Luft- und Raumfahrt; Prüfung von Luftfahrzeugausrüstung unter Umweltbedingungen; Prüfung des Isolationswiderstandes und der Spannungsfestigkeit von elektrischen Geräten

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten an die Normenstelle Luftfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Kamekestraße 8, 50672 Köln.

Fortsetzung 23 Seiten prEN AECMA-Vornorm

Normenstelle Luftfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

A.E.C.M.A. NORM

A.E.C.M.A. STANDARD

NORME A.E.C.M.A.

prEN 3700
Ausgabe P 1

Juni 1993

Herausgegeben von ASSOCIATION EUROPÉENNE DES CONSTRUCTEURS DE MATÉRIEL AÉROSPATIAL
Technopolis - 175, rue Jean-Jacques Rousseau - F-92138 Issy-les-Moulineaux Cédex - Tel. (1) 47.36.98.76

DK:

Deskriptoren:

Deutsche Übersetzung

Luft- und Raumfahrt
Statische Umformer
für Luftfahrzeuge
Technische Lieferbedingungen

Aerospace series
Static inverters
for aircraft
Technical specification

Série aéronautique
Convertisseurs statiques
pour aéronefs
Spécification technique

Dieser "pre-standard" der Luft- und Raumfahrt wurde unter der Verantwortung der AECMA (Association Européenne des Constructeurs de Matériel Aérospatial) erstellt. Er wird für den Bedarf der AECMA-Mitglieder als sogenannter Gründruck veröffentlicht. Er wurde von den Experten der zuständigen AECMA-Kommission nach Stellungnahme der Mitgliedsländer technisch verabschiedet.

Nach Veröffentlichung dieses "pre-standard" darf der technische Inhalt nicht soweit geändert werden, daß die Austauschbarkeit materiell oder funktionell beeinflußt wird, es sei denn, die Norm wird neu benannt.

Nach Prüfung und Unterzeichnung durch die AECMA-Normenprüfstelle (NPS) und der formellen Zustimmung durch die Behörden der Mitgliedsländer wird dieser "pre-standard" als Europäischer Norm-Entwurf dem CEN (Europäisches Komitee für Normung) zur Endabstimmung vorgelegt.

Anmerkung: Weitere Kopien erhältlich von: B.N.A.E. - Technopolis 54 - 199, rue Jean-Jacques Rousseau - 92138 ISSY-LES-MOULINEAUX CEDEX

Ausgabe zur Veröffentlichung genehmigt:
1993-06-30

Stellungnahmen erbeten innerhalb von 6 Monaten
nach Veröffentlichungsbeschlußdatum an: A.E.C.M.A. -
Technopolis - 175, rue Jean-Jacques Rousseau -
92138 Issy-les-Moulineaux Cédex - FRANCE

C 2
Vorsitzender
H. J. Le Cunff

ÉDITÉ PAR L'ASSOCIATION EUROPÉENNE DES CONSTRUCTEURS DE MATÉRIEL AÉROSPATIAL
Technopolis - 175, rue Jean-Jacques Rousseau - F-92138 Issy-les-Moulineaux Cedex - Tél. (1) 47.36.98.76

UDC :

Descriptors : aerospace industry, aerospace equipment, static inverters, characteristics, tests,
quality assurance, qualification, marking

ENGLISH VERSION

Aerospace series Static inverters for aircraft Technical specification

**Série aéronautique
Convertisseurs statiques
pour avions
Spécification technique**

**Luft- und Raumfahrt
Statische Umformer
für Luftfahrzeuge
Technische Lieferbedingungen**

This "Aerospace Series" Prestandard has been drawn up under the responsibility of AECMA (Association Européenne des Constructeurs de Matériel Aérospatial). It is published on green paper for the needs of AECMA-Members. It has been technically approved by the experts of the concerned Technical Committee following comment by the Member countries.

Subsequent to the publication of this prestandard, the technical content shall not be changed to an extent that interchangeability is affected, physically or functionally, without re-identification of the standard.

After examination and signature of the AECMA Standard Checking Centre (NPS) and formal agreement of the Official Services of the Member countries it will be submitted as a draft European Standard to CEN (European Committee for Standardization) for formal vote.

Nota - Extra copies can be supplied by B.N.A.E. - Technopolis 54 - 199, rue Jean-Jacques Rousseau - 92138 ISSY-LES-MOULINEAUX CEDEX

Edition approved for publication

1993-06-30

Comments should be sent within six months
after the date of publication to
AECMA
Technopolis - 175, rue Jean-Jacques Rousseau
92138 Issy-les-Moulineaux Cedex - FRANCE

C2 Chairman

M. J. Le Cunff



Documents

Document Sharing Hub

© aecma 1993

- Leerseite -

Blank page

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Eigenschaften, Prüfverfahren und Qualifikationsbedingungen für statische Umformer fest, die zum Umwandeln von elektrischer Energie an Bord von Luftfahrzeugen von 28 V Gleichstrom in Wechselstrom 400 Hz verwendet werden.

2 Normative Verweisungen

ISO 2678	Luft- und Raumfahrt - Prüfung von Luftfahrzeug-Ausrüstung unter Umweltbedingungen - Prüfung des Isolationswiderstandes und der Spannungsfestigkeit von elektrischen Geräten
ISO 7137	Luft- und Raumfahrt - Umweltbedingungen und Prüfverfahren für Luftfahrt-Ausrüstungen (Anerkennung der Veröffentlichungen EUROCAE/ED-14 und RTCA/DO-160)
EN 2000	Luft- und Raumfahrt - Qualitätssicherung - EN-Erzeugnisse der Luft- und Raumfahrt - Anerkennung des Qualitätssicherungssystems der Hersteller
EN 2282	Luft- und Raumfahrt - Eigenschaften der elektrischen Stromversorgung von Luftfahrzeugen
EN 2495	Luft- und Raumfahrt - Temperaturkompensierte, einpolige Schutzschalter - Nennströme bis 25 A - Produktnorm
EN 2592	Luft- und Raumfahrt - Temperaturkompensierte, dreipolige Schutzschalter - Nennströme bis 25 A - Produktnorm
EN 2997-001	Luft- und Raumfahrt - Elektrische Rundsteckverbinder mit Schraubkupplung - Betriebstemperaturen 175 °C konstant, 200 ° konstant, 260 °C Spitze und feuerbeständig - Technische Lieferbedingungen ¹⁾
EN 3042	Luft- und Raumfahrt - Qualitätssicherung - EN-Erzeugnisse der Luft- und Raumfahrt - Qualifikationsverfahren
EN 3371	Luft- und Raumfahrt - Masseverbindung ²⁾
EN 3372-001	Luft- und Raumfahrt - Elektrische Rundsteckverbinder mittlerer und hoher Poldichte, kontaktgeschützt, Bajonettkupplung, 175 °C und 200 °C - Technische Lieferbedingungen ²⁾
EN 3645-001	Luft- und Raumfahrt - Elektrische Rundsteckverbinder mit dreigängiger Gewinde-Schnellkupplung, Betriebstemperaturen 175 °C konstant und 200 °C konstant oder 260 °C Spitze und feuerbeständig - Technische Lieferbedingungen ²⁾
EN 3646-001	Luft- und Raumfahrt - Elektrische Rundsteckverbinder mit Bajonettkupplung, Betriebstemperatur 200 °C konstant, mit leichtem Gehäuse - Technische Lieferbedingungen ²⁾
MIL-STD-461	Electromagnetic emission and susceptibility requirements for the control of electromagnetic interference ³⁾
MIL-STD-462	Electromagnetic interference characteristics - Measurement of ³⁾

¹⁾ Veröffentlicht als AECMA-Vornorm zum Zeitpunkt der Herausgabe dieser Norm

²⁾ In Vorbereitung zum Zeitpunkt der Herausgabe dieser Norm

³⁾ Diese Norm wird herausgegeben von: Department of Defense (DOD), the Pentagon, Washington D.C., 20301 USA

1 Scope

This standard specifies the characteristics, the test methods and the qualification conditions for static inverters for use in converting electrical power in flight vehicles from 28 V d.c. to a.c. power at 400 Hz.

2 Normative references

ISO 2678	Environmental tests for aircraft equipment - Insulation resistance and high voltage tests for aircraft electrical equipment
ISO 7137	Aircraft - Environmental conditions and test procedures for airborne equipment (Endorsement of publications EUROCAE/ED-14 and RTCA/DO-160)
EN 2000	Aerospace series - Quality assurance - EN aerospace products - Approval of the quality system of manufacturers
EN 2282	Aerospace series - Characteristics of aircraft electrical supplies
EN 2495	Aerospace series - Single-pole circuit breakers temperature compensated rated currents up to 25 A - Product standard
EN 2592	Aerospace series - Three-pole circuit breakers temperature compensated rated currents up to 25 A - Product standard
EN 2997-001	Aerospace series - Connectors, electrical, circular coupled by threaded ring, fire-resistant or non-fire resistant, operating temperatures 175 °C continuous, 200 °C continuous, 260 °C peak - Part 001 - Technical specification ¹⁾
EN 3042	Aerospace series - Quality assurance - EN aerospace products - Qualification procedure
EN 3371	Aerospace series - Bonding ²⁾
EN 3372-001	Aerospace series - Connectors, electrical, circular, medium and high density contacts, scoop-proof, bayonet coupling, 175 °C or 200 °C - Part 001 - Technical specification ²⁾
EN 3645-001	Aerospace series - Connectors, electrical, circular, scoop-proof, triple start threaded coupling, operating temperatures 175 °C and 200 °C continuous duty - Part 001 - Technical specification ²⁾
EN 3646-001	Aerospace series - Connectors, electrical, circular, bayonet coupling, operating temperature 200 °C continuous, light weight shell - Part 001 - Technical specification ²⁾
MIL-STD-461	Electromagnetic emission and susceptibility requirements for the control of electromagnetic interference ³⁾
MIL-STD-462	Electromagnetic interference characteristics - Measurement of ³⁾

1) Published as AECMA Prestandard at the date of publication of this standard.

2) In preparation at the date of publication of this standard.

3) This specification is published by : Department of Defense (DOD), the Pentagon, Washington, D.C. 20301 USA.

3 Definitionen

Im Rahmen dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

3.1 Einphasenlast

Die Einphasenlast gilt als das Produkt aus dem Effektivwert des Leiterstromes und dem Effektivwert der Spannung, gemessen an den Anschlüssen des Umformers. Die Dreiphasenlast gilt als das $\sqrt{3}$ -fache Produkt aus dem mittleren Effektivwert des Leiterstromes und dem mittleren Effektivwert der Leiterspannung, gemessen an den Anschlüssen des Umformers.

3.2 Vollast

Vollast ist die festgelegte maximale Dauerbelastbarkeit bei der jeweiligen Eingangsspannung und unter den Temperatur-/Höhenbedingungen, wie in der Technischen Gerätespezifikation festgelegt.

3.3 Nennleistung

Die Nennleistung des Umformers ist seine Dauerbelastbarkeit mit der festgelegten Vollast.

Die Vollast gilt bei jedem beliebigen Leistungsfaktor zwischen 0,75 induktiv und 0,95 kapazitiv.

Die Belastbarkeit des Umformers mit Leistungsfaktoren außerhalb dieser Grenzen kann zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

3.4 Wirkungsgrad

Die Ausgangs- und Eingangsleistung des Umformers gilt bei Vollast, Leistungsfaktor 1, in Meereshöhe und bei Nenn-Eingangsspannung.

Bei der Berechnung des Wirkungsgrades sind die Durchschnittswerte der Eingangsspannung und des Eingangsstromes und die Effektivwerte der Ausgangsspannung und des Ausgangsstromes zu verwenden.

Bei den Dreiphasen-Umformern sind der Durchschnitt der drei Effektivwerte der Sternspannungen und die Summe der drei Effektivwerte der Leiterströme zu verwenden.

3.5 Stabilisierung

Die Prüfbedingungen gelten als stabilisiert, wenn die gemessene Änderung über eine Dauer von 10 min geringer ist als:

- Spannung: 0,1 V
- Frequenz: 0,5 Hz
- Temperatur der kritischen Komponenten des Umformers: 1 °C

3.6 Nenn-Eingangsstrom

Der Nenn-Eingangsstrom gilt als der vom Umformer aufgenommene Strom, bei dem er, nach Stabilisierung auf seine maximale Betriebstemperatur und mit 24 V Gleichspannung versorgt, die Vollast mit einem Leistungsfaktor 1 liefert.

3 Definitions

For the purposes of this standard, the following definitions apply :

3.1 Load

Single-phase load shall be considered the product of the root mean square (r.m.s.) line current and the r.m.s. voltage measured at the terminals of inverter. Three-phase load shall be considered $\sqrt{3}$ times the product of the average r.m.s. line current and the average r.m.s. line-to-line voltage measured at the terminals of the inverter.

3.2 Full load

Full load shall be the maximum continuous load specified at the applicable input voltage and temperature-altitude conditions specified in the equipment technical specification.

3.3 Rating

The capability of continuously carrying the specified full load defines the inverter rating.

The full load rating applies at any load power factor between 0,75 lagging and 0,95 leading.

The inverter capability of supplying loads with power factors outside these limits may be part of an agreement between the manufacturer and the purchaser.

3.4 Efficiency

The power output and input of the unit is defined at full load, unity power factor, sea level, and nominal input voltage.

When computing efficiency, average values of input voltage and current shall be used and r.m.s. values of output voltage and current shall be used.

For three phase inverters the average of the three r.m.s. line to neutral voltages and the sum of the three r.m.s. line currents shall be used.

3.5 Stabilization

Stabilization of test conditions is defined to have occurred when the change, over a ten minute period, is measured to be less than :

- voltage : 0,1 V
- frequency : 0,5 Hz
- inverter critical component temperature : 1 °C

3.6 Nominal input current

The nominal input current shall be defined as the current absorbed by the inverter when, stabilized at its maximum operating temperature and fed from a d.c. input of 24 V, it delivers full load at unity power factor.

3.7 Spannungsmodulation

Die Gesamtausgangsspannungsmodulation ist mit Hilfe eines geeichten Oszilloskops oder anderen geeigneten Hilfsmittels zu bestimmen.

Die Modulation in % ist wie folgt zu errechnen:

$$\text{Modulation \%} = \frac{E_{\text{max.}} - E_{\text{min.}}}{E_{\text{max.}} + E_{\text{min.}}} \times 100$$

$E_{\text{max.}}$ und $E_{\text{min.}}$ sind die größten bzw. kleinsten Spitzenspannungen, gemessen bei gleicher Polarität über eine Dauer von 1 s.

3.8 Unsymmetrie der Phasenspannung (Dreiphasen-Umformer)

Die Unsymmetrie der Phasenspannung in % eines Dreiphasen-Umformers wird definiert als das 100fache der maximalen Abweichung der Phasenspannung vom Durchschnitt der drei Phasen-Spannungen, geteilt durch den Durchschnitt der drei Phasen-Spannungen.

3.9 Anlaufzeit

Die Anlaufzeit ist die Zeitspanne vom ersten Anlegen der Eingangsgleichspannung (Regelung und/oder Einschaltung) in dem in EN 2282 für den normalen häufigen Betriebszustand festgelegten Bereich bis zum Erreichen ausgeglichener Ausgangswechselspannungs- und Ausgangsfrequenzwerte.

3.10 Nichtlineare Belastung

Die elektrische Last gilt als nichtlinear, wenn der zugehörige Strom bei sinusförmiger Spannung nicht sinusförmig ist.

3.11 Einlaufprüfung

Die Einlaufprüfung dient zur Verbesserung der Produktzuverlässigkeit durch die Ermittlung von Fabrikationsfehlern und Frühausfällen.

3.12 Technische Gerätespezifikation

Diese Spezifikation, die üblicherweise von Luftfahrzeugherstellern ausgestellt wird, legt die Anforderungen für bestimmte Anwendungszwecke fest.

4 Technische Anforderungen

4.1 Eigenschaften

3.7 Voltage modulation

Total output voltage modulation shall be determined by means of a calibrated oscilloscope or other satisfactory means.

The percent modulation shall be computed as follows :

$$\text{Percent modulation} = \frac{E_{\text{max.}} - E_{\text{min.}}}{E_{\text{max.}} + E_{\text{min.}}} \times 100$$

$E_{\text{max.}}$ and $E_{\text{min.}}$ are the maximum and the minimum peak voltages respectively, measured for the same polarity during a one second time period.

3.8 Phase unbalance (three-phase inverters)

The percent unbalance of the phase voltage for a three-phase unit shall be defined as 100 times the maximum difference of the phase voltage from the average of three-phase voltages, divided by the average of the three-phase voltages.

3.9 Start-up time

The start-up time is the time between the first application of d.c. input voltage (control and/or power) in the range defined by EN 2282 for normal frequent conditions and the achievement of steady state values of a.c. output voltage and frequency.

3.10 Non-linear loads

The electrical load is defined as non-linear when the related current is non sinusoidal at sinusoidal voltage.

3.11 Burn-in test

The purpose of the burn-in test is to improve the product reliability by identifying manufacturing defects and infant mortality.

3.12 Equipment technical specification

This specification, usually released by aircraft manufacturers, defines requirements for specific applications.

4 Technical requirements

4.1 Performance

4.1.1 Funktionseigenschaften

Die bevorzugten Nennleistungen von statischen Umformern für normale Betriebsbedingungen sind in Tabelle 1 festgelegt.

Tabelle 1

Nennleistung in VA	
einphasig	dreiphasig
100	100
150	250
250	500
500	750
750	1 000
1 000	1 500
2 000	2 000
	3 000

Durch die Angabe dieser bevorzugten Nennleistungen soll die Herstellung oder Verwendung von statischen Umformern niedriger Leistung von 10 VA bis 100 VA, oder mittlerer Leistung von 100 VA bis 750 VA sowie hoher Leistung von über 750 VA, die in obiger Tabelle nicht aufgeführt sind, nicht ausgeschlossen werden.

4.1.1.1 Eingang

Der Umformer muß so ausgelegt sein, daß er ohne Anzeichen von Instabilität bei einer Stromversorgung aus dem Bordnetz nach EN 2282 innerhalb der in der Technischen Gerätespezifikation festgelegten Spannungsgrenzen betrieben werden kann.

4.1.1.2 Impedanz der Stromquelle

Der Umformer muß bei einer Stromversorgung an seinen Anschlüssen mit einer maximalen Impedanz von 50 mΩ und 10 µH induktiv einsatzfähig sein.

4.1.1.3 Rückwirkung auf das elektrische Bordnetz

Die Rückwirkung auf das elektrische Stromversorgungssystem darf die Grenzen nicht überschreiten, die in EN 2282, Abschnitt 4.2.4, festgelegt sind.

4.1.1.4 Verpolung am Eingang

Es müssen geeignete Maßnahmen zum Schutz des Umformers gegen die Auswirkungen einer falschen Polung getroffen werden. Nach Behebung der Falschpolung muß der Umformer wieder im normalen Betriebszustand arbeiten.

4.1.1.5 Einstellung

Der Umformer darf keine externe Spannungs- oder Frequenzeinstellung haben.

4.1.1.6 Anlaufzeit

Die Anlaufzeit des Umformers muß kürzer sein als 50 ms nach Stabilisierung bei allen Betriebstemperaturen und beliebiger, bis zum Höchstwert reichender Ausgangslast, wenn er aus dem Bordnetz nach Abschnitt 4.1.1.1 mit Strom versorgt wird.

Der maximale Eingangsstrom während der Anlaufzeit darf den 10fachen Wert des Eingangstromes nach Abschnitt 4.1.1.1 während der ersten 5 ms nicht überschreiten.

4.1.1 Functional characteristics

The preferred ratings for static inverters when operating at normal working conditions are indicated in table 1.

Table 1

Rating in VA	
Single-phase	Three-phase
100	100
150	250
250	500
500	750
750	1 000
1 000	1 500
2 000	2 000
	3 000

These preferences do not prevent production or use of low power static inverters rated from 10 VA to 100 VA or middle power static inverters rated from 100 VA to 750 VA as well as high power static inverters rated above 750 VA not listed in the above table.

4.1.1.1 Input

The inverter shall be designed to operate with no evidence of instability from a flight vehicle system delivering power conforming to EN 2282 within the voltage limits specified in the equipment technical specification.

4.1.1.2 Source impedance

The inverter shall be capable of operating with a supply at its terminations having a maximum impedance made up of 50 Ω and 10 μ H inductive components.

4.1.1.3 Influence on electrical system

The influence on the power supply system shall not exceed the limits specified in 4.2.4 of EN 2282.

4.1.1.4 Reversed input polarity

Suitable means shall be provided for protecting the inverter from the effect of an inadvertent reversal of polarity. As soon as the polarity is back to normal the inverter shall work again to its normal characteristics.

4.1.1.5 Adjustment

The inverter shall require no external adjustment for voltage or frequency regulation.

4.1.1.6 Start-up time

The inverter shall require a start-up time lower than 50 ms when stabilized at all operating temperatures with any output load up to the maximum whilst fed from the power supply specified in 4.1.1.1.

The maximum input current during start-up shall not exceed 10 times the input current defined at 4.1.1.1 for the first 5 ms.

4.1.1.7 Phasenfolge

Bei Dreiphasen-Umformern muß die Phasenfolge so sein, daß die Phasenspannungen ihre Höchstwerte in der Reihenfolge A, B, C (nach Bild 1 in EN 2282:1992) erreichen.

4.1.1.8 Phasenwinkel

Bei Dreiphasen-Umformern muß der Winkel zwischen benachbarten Phasen innerhalb $(120 \pm 1,5)^\circ$ bei symmetrischer Belastung liegen.

4.1.1.9 Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad von Umformern mittlerer und hoher Leistung muß bei Vollast und einem Leistungsfaktor 1, in Meereshöhe und bei Nenn-Eingangsspannung über 75 % liegen (siehe Abschnitt 3.4).

Ein niedrigerer Wirkungsgrad kann bei Umformern unter 100 VA Nennleistung (Umformer niedriger Leistung) zugelassen werden.

4.1.1.10 Spannungskurvenform

- Lineare Belastungen

Der Scheitelfaktor der Spannung (Verhältnis des Scheitelwertes zum Effektivwert der gemessenen Sternspannung) von Leerlauf bis Vollast (sinusförmiger Ausgangsstromverlauf) bei beliebiger Eingangsspannung muß innerhalb $1,41 \pm 0,10$ liegen.

Der Effektivwert des Oberschwingungsanteiles muß kleiner als 4 % sein und keine Oberschwingung darf 3 % der Grundschiwingung überschreiten.

Bei Umformern in Sonderbordnetzen (nach Abschnitt 7.1 von EN 2282:1992) muß der Effektivwert des Oberschwingungsanteiles kleiner als 2 % sein und keine Oberschwingung darf 1 % der Grundschiwingung überschreiten.

- Nichtlineare Belastungen

Der Oberschwingungs- und Fremdfrequenzanteil der Kurvenform darf 8 % der Grundschiwingung im normalen Eingangsspannungsbereich nicht überschreiten, wenn der Umformer eine nichtlineare Last von 50 % seiner Nennleistung abgibt.

4.1.1.11 Modulation der Ausgangsspannung

Bei einer Eingangsspannung und einer Impedanz der Stromquelle nach Abschnitt 4.1.1.2 darf die Ausgangsspannungsmodulation unter Leerlauf-, Halblast- und Vollastbedingungen bei einem induktiven Leistungsfaktor von 0,75 nicht größer als 0,5 % sein.

4.1.1.12 Modulation der Ausgangsfrequenz

Frequenzänderungen infolge einer Frequenzmodulation müssen in einem Zeitraum von 1 min innerhalb eines Bereichs von ± 2 Hz der mittleren Frequenz liegen.

Die Frequenzänderung infolge einer Frequenzmodulation darf 13 Hz/s nicht übersteigen.

4.1.1.13 Ausgangsspannung

Im Bereich von Leerlauf bis Vollast mit beliebigem Leistungsfaktor zwischen 0,75 induktiv und 0,95 kapazitiv muß der Umformer die Spannungen im ausgeglichenen Betriebszustand in den Grenzen von

- $(26 \pm 0,5)$ V eff. oder
- $(115 \pm 2,3)$ V eff.

halten, wenn er aus einem Gleichstrombordnetz nach Abschnitt 4.1.1.1 mit einer Eingangsspannung von 21 V versorgt wird.

Diese Grenzen dürfen nicht überschritten werden, wenn die Ausgangsspannung über dem gesamten Eingangsspannungsbereich bei Nennausgangsleistung gemessen wird.

4.1.1.14 Ausgangsfrequenz

Im Bereich von Leerlauf bis Vollast mit beliebigem Leistungsfaktor zwischen 0,75 induktiv und 0,95 kapazitiv muß der Umformer die Frequenzen im ausgeglichenen Betriebszustand in den Grenzen von (400 ± 4) Hz halten, wenn er aus einem Gleichstrombordnetz nach Abschnitt 4.1.1.1 mit einer Eingangsspannung von 21 V versorgt wird.

4.1.1.7 Phase rotation

For three-phase inverters, the phase sequence shall be such that the phase voltages attain their maximum values in the order A, B, C (see figure 1 of EN 2282).

4.1.1.8 Phase displacement angle

For three-phase inverters, the displacement between adjacent phases shall be within $(120 \pm 1,5)^\circ$ when supplying symmetrical loads.

4.1.1.9 Efficiency

The efficiency of middle and high power inverters when delivering full load at unity power factor, sea level and nominal input voltage shall be greater than 75 % (see 3.4).

Lower efficiency may be accepted for inverters rated less than 100 VA (low power).

4.1.1.10 Voltage waveform

Linear loads :

The voltage crest factor (peak to r.m.s. ratio of line-to-line and line-to-neutral measured voltages), from no load to full load (full wave sinusoidal output current) at any input voltage shall be within $1,41 \pm 0,10$.

The total r.m.s. harmonic content shall be less than 4 % and no individual harmonic shall exceed 3 % of the fundamental.

For inverters used in special electrical systems (see 7.1 of EN 2282) the total r.m.s. harmonic content shall be less than 2 % and no individual harmonic shall exceed 1 % of the fundamental.

Non-linear loads :

The total harmonic and extraneous frequency content of the waveform shall not exceed 8 % of the fundamental over the normal input voltage range when the inverter supplies a non-linear load equal to 50 % of its nominal rating.

4.1.1.11 Output voltage modulation

With an input voltage and source impedance as defined in 4.1.1.2, the output voltage modulation shall not exceed 0,5 % under conditions of no load, half load and full load with 0,75 lagging power factor.

4.1.1.12 Output frequency modulation

Variations of frequency resulting from frequency modulation during any 1 min period shall be within a band of ± 2 Hz about the mean frequency.

Rates of frequency change caused by frequency modulation shall not exceed 13 Hz/s.

4.1.1.13 Output voltage

The inverter, when delivering up to nominal output power at any power factor from 0,75 lagging to 0,95 leading shall maintain steady-state voltage limits within :

- $(26 \pm 0,5)$ V r.m.s. or
- $(115 \pm 2,3)$ V r.m.s.

whilst fed from a d.c. input as specified in 4.1.1.1 set at 21 V.

These limits shall not be exceeded when the output voltage is measured over the full range of the input voltage at nominal output power.