

DIN EN 2282

ICS 49.060

Entwurf

Einsprüche bis 2022-09-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 2282:1992-05

**Luft- und Raumfahrt –
Eigenschaften der elektrischen Stromversorgung von Luftfahrzeugen;
Deutsche und Englische Fassung FprEN 2282:2022**

Aerospace series –
Characteristics of aircraft electrical supplies;
German and English version FprEN 2282:2022

Série aérospatiale –
Caractéristiques de l'alimentation électrique des aéronefs;
Version allemande et anglaise FprEN 2282:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-07-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 57 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) 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 ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument (FprEN 2282:2022) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Elektrotechnik, unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-04-01 AA „Elektrische Bordnetze“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

Es wird darauf hingewiesen, dass auf Grund der Verfahrensweise zur Normenerstellung bei ASD-STAN dieser Norm-Entwurf E DIN EN 2282 ausschließlich der formellen Annahme der deutschen Sprachfassung von EN 2282 dienen kann. Im Rahmen dieser Umfrage sind daher ausschließlich redaktionelle Stellungnahmen zur deutschen Übersetzung möglich.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 2282:1992-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) vollständige Überarbeitung und Umstrukturierung des Dokumentes;
- c) Dokument redaktionell überarbeitet.

**Luft- und Raumfahrt – Eigenschaften der elektrischen Stromversorgung von
Luftfahrzeugen**

Aerospace series – Characteristics of aircraft electrical supplies

Série aérospatiale – Caractéristiques de l'alimentation électrique des aéronefs

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Anforderungen, die für alle Stromversorgungsnetze gelten	9
4.1 Allgemeine Anforderungen an die Stromerzeugung	9
4.1.1 Auslegung und Steuerung	9
4.1.2 Eingespeiste Energie	10
4.1.3 Unterbrechungen	10
4.2 Allgemeine Anforderungen für Verbraucher	10
4.2.1 Allgemeines	10
4.2.2 Speisetyp	10
4.2.3 Versorgungsunterbrechungen	11
5 Wechselstromnetz	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(CF)	11
5.2.1 Grenzwerte	11
5.3 Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(NF)	12
5.3.1 Grenzwerte	12
5.4 Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(WF)	13
5.4.1 Grenzwerte	13
5.5 Anforderungen in Zusammenhang mit den Verbrauchern	14
5.5.1 Unsymmetrie der Phasenlast	14
5.5.2 Leistungsfaktor	14
5.5.3 Einschaltstrom	14
5.5.4 Spannungsmodulation	14
5.5.5 Verzerrung der Eingangsstromoverschwingung	14
6 Gleichstromnetz 28 V	16
6.1 Allgemeines	16
6.2 Versorgungskenngrößen für 28-V-Netze	16
6.2.1 Grenzwerte	16
6.2.2 Spannungswelligkeit	16
6.2.3 Spezielle Übergangsvorgänge	16
6.3 Anforderungen in Zusammenhang mit den Verbrauchern	17
6.3.1 Gleichstromwelligkeit aufgrund der Geräte	17
6.3.2 Einschaltstrom	17

Bilder

Bild 1 — Diagramm der Bezeichnung und Drehung von Phasen – 3-phasige Wechselstromnetze	17
Bild 2 — Kenngrößen einer Wechselstrom-Frequenzmodulation	18
Bild 3 — Hüllkurven von Frequenzübergängen an 400-Hz-Stromnetzen	19
Bild 4 — Grenzen der Unsymmetrie zwischen Phasen für Geräte bei Verwendung einer 3-phasigen Wechselstromversorgung	19
Bild 5 — Grenzen des Leistungsfaktors für Geräte bei Verwendung einer Wechselstromversorgung	20
Bild 6 — Hüllkurven der Spannung an Wechselstromnetzen, 115/200 V	21
Bild 7 — Hüllkurven der Spannungsübergänge	24

Bild 8 — Grenzen der Komponenten der Spannungsmodulation zwischen Phase und Nullleiter an 115-V/400-Hz-Netzen	25
Bild 9 — Frequenzhüllkurve der Welligkeit an 28-V-Gleichstromnetzen	26
Bild 10 — Hüllkurve der Spannungsspitzen am Wechselstromnetz	26
Bild 11 — Hüllkurve der Spitzenspannung am Gleichstromnetz	27

Tabellen

Tabelle 1 — Zusammenfassung der Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(CF) . . .	11
Tabelle 2 — Zusammenfassung der Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(NF) . . .	12
Tabelle 3 — Zusammenfassung der Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(WF) . . .	13
Tabelle 4 — Grenzwerte der Stromüberschwingung für 1-phasige elektrische Geräte	15
Tabelle 5 — Grenzwerte der Stromüberschwingung für symmetrische 3-phasige elektrische Geräte	15
Tabelle 6 — Zusammenfassung der Kenngrößen für 28-V-Gleichstromversorgung	16

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 2282:2022) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat dieses Dokument die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD-STAN erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Dieses Dokument ist derzeit zur formellen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 2282:1992 ersetzen.

Einleitung

Dieses Dokument wurde unter Berücksichtigung von nationalen Dokumenten sowie ISO 1540 und STANAG 3456 erarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Eigenschaften der elektrischen Stromversorgung fest, die den Anschlussklemmen der installierten Geräte im Luftfahrzeug zugeführt wird.

Es legt außerdem die Bordnetze und die Anforderungen an die Verträglichkeitsanforderungen für die Ausrüstung in Kombination mit den Sonderbordnetzen mit konstanter und variabler Frequenz fest.

Dieses Dokument gilt für Bord- oder Bodensysteme mit Wechselstrom und Gleichstrom.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 3830, *Luft- und Raumfahrt — Elektrisches Bordnetz — Energiebilanz*¹

ISO 1540, *Aerospace — Characteristics of aircraft electrical systems*²

STANAG 3456, *Aircraft Electrical Power System Characteristic*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

anormaler Betriebszustand

Folge eines Ausfalls oder einer Störung, die zu Verlust oder Verschlechterung der Bordnetzeigenschaften führt, die dann die durch die Schutzvorrichtungen vorgesehenen Grenzen erreichen können

Umfang und Dauer dieses anormalen Betriebszustands können bis zum Ende des Flugs unerkant bleiben.

3.2

verfügbare Leistung eines Bordnetzes

Leistung, die gleichzeitig im Dauerbetrieb bei ausgeglichenem Betriebszustand genutzt werden kann, wobei die angegebenen Einsatzbedingungen im Luftfahrzeug und die Nennleistung jeder Stromversorgung berücksichtigt sind

3.3

Kategorien

— Kategorie A(): bezieht sich auf die Bordnetze eines Luftfahrzeugs, bei denen die primäre Energie aus einem Wechselstromsystem mit fester oder variabler Frequenz stammt und das Gleichstromnetz von Transforma-

¹ Herausgegeben als ASD-STAN-Norm zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokumentes durch den Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN), <https://www.asd-stan.org/>.

² Veröffentlicht von: ISO International Organization for Standardization <http://www.iso.ch/>.

tor-Gleichrichter-Systemen gespeist wird. Eine Notstrombatterie kann mit der Gleichstromsammelschiene verbunden sein;

— A(CF) bezeichnet ein Wechselstrom- und/oder Gleichstromnetz, bei dem die primäre Energie von einem Wechselstrom mit fester Frequenz (400 Hz) stammt;

— A(NF) bezeichnet ein Wechselstrom- und/oder Gleichstromnetz, bei dem die primäre Energie von einem Wechselstrom mit schmalbandig variabler Frequenz (360 Hz bis 650 Hz) stammt;

— A(WF) bezeichnet ein Wechselstrom- und/oder Gleichstromnetz, bei dem die primäre Energie von einem Wechselstrom mit breitbandig variabler Frequenz (360 Hz bis 800 Hz) stammt;

— Kategorie B: bezieht sich auf Gleichstromnetze eines Luftfahrzeugs, die von motorbetriebenen Wechselstromgeneratoren/Gleichrichtern oder Gleichstromgeneratoren gespeist werden, bei denen eine Notstrombatterie mit bedeutender Kapazität jederzeit mit dem Gleichstromanschluss verbunden ist;

— Kategorie Z: bezieht sich auf alle anderen Gleichstromnetze, die für diese Dokumente zur Anwendung kommen

Diese Kategorie ist für die Nutzung an Stelle von Kategorie A() zulässig. Beispiele für diese Kategorie sind Gleichstromnetze, die von Generatoren mit variabler Drehzahl gespeist werden, wobei Folgendes gilt:

- a) die Gleichstromversorgung weist keine Notstrombatterie an der Gleichstromsammelschiene auf, oder
- b) Kontroll- oder Schutzausrüstung kann die Batterie von der Gleichstromsammelschiene trennen, oder
- c) die Batteriekapazität ist, verglichen mit der Kapazität der Gleichstromgeneratoren, gering.

3.4

Scheitelfaktor

Verhältnis des Scheitelwerts zum Effektivwert einer Wechselstromwellenform, gemessen im ausgeglichenen Betriebszustand

3.5

Wanderung

zufällige und extrem langsame Änderung bei einem kontrollierten Parameter innerhalb der festgelegten Grenzen

Die Änderungsgeschwindigkeit oder Wanderungsrate des Parameters wird in Hz/min oder in V/min ausgedrückt.

3.6

Stromnetz

Anordnung, die sich aus den Stromquellen, den Verbrauchern, den Schutzeinrichtungen und allen gemeinsamen Verbindungen der Installation zusammensetzt

3.7

Notbetrieb

Zustand des elektrischen Bordnetzes, in dem die Hauptstromversorgungen nicht in der Lage sind, ausreichende oder verwendbare elektrische Energie zu liefern

3.8

Frequenzmodulation

zyklische (im Allgemeinen nicht sinusförmige) und/oder zufällige Änderung der Frequenz um einen Mittelwert während einer einminütigen Dauer im ausgeglichenen Betriebszustand

3.9

harmonische Einzelverzerrung

D_i

Verhältnis zwischen Effektivwert der i -ten Oberwelle und Effektivwert der Grundkomponente. Die Oberwellenanalyse oder das Spektrum einer Verzerrung zerlegt eine periodische Welle, so dass sich die Amplitude ihrer Komponenten in Abhängigkeit von deren Frequenz ergibt

$$D_i \% 100 \frac{H_i}{H_1}$$

Dabei ist

H_1 der Effektivwert des Grundstroms oder der Grundspannung;

H_i der Effektivwert des/der i -ten Oberwellenstroms oder -spannung.

3.10

Modulationen

bei Parametern die zyklische (üblicherweise nicht sinusförmige) und/oder zufällige Abweichung seines Maximalwerts um einen Mittelwert im ausgeglichenen Betriebszustand:

- bei Wechselstrom ist der maximale Wert der Modulation (der Spannung oder des Stroms) die maximale Differenz (Spitze zu Tal) zwischen den Spitzenwerten des Parameters, gemessen an der ungünstigsten Phase und Polarität;
- bei Gleichstrom wird sie als „Welligkeit“ bezeichnet und als Spitze-Spitze-Abweichung vom Mittelwert gemessen

Anmerkung 1 zum Begriff: In beiden Fällen kann die Modulation mit der Überlagerung einer alternierenden Welle auf dem Grundparameter verglichen werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine Spektralanalyse dieser Welle oder der daraus resultierenden Hüllkurve ergibt die Frequenzen und Amplituden ihrer Komponenten, um sie zu begrenzen (siehe Bild 8 und Bild 9).

3.11

normaler Betriebszustand

Situation, in der alle beabsichtigten Betriebsarten des Bordstromnetzes des Luftfahrzeugs zur Verfügung stehen

3.12

Phasenverschiebung

Winkelgröße zwischen den 2-phasigen Spannungen eines 3-phasigen Netzes

3.13

Unsymmetrie der Phasenspannung

Differenz zwischen dem maximalen Effektivwert der Phasenspannung und dem minimalen Effektivwert der Phasenspannung

3.14

Leistungsfaktor

für Wechselstromverbraucher das Verhältnis der realen oder aktiven Leistung (in Watt) zur Scheinleistung (in Volt-Ampere)

3.15

Spannungsspitzen

kurze Spannungsabweichungen, im Vergleich zum ausgeglichenen Betriebszustand, die im Verteilungsnetz auftreten, beispielsweise aufgrund des Schaltens von induktiven Lasten, die die Stromversorgung des Luftfahrzeugs überlagern

Sie produzieren im Allgemeinen eine Spannungsspitze und/oder einen Wellenzug, deren/dessen Eigenschaften von den relativen Impedanzen der Leitung, des Verbrauchers und der Stromversorgung sowie von der Art, in der die Unterbrechung erfolgt, abhängen.

3.16

ausgeglichener Betriebszustand

Betriebszustand des elektrischen Bordnetzes, in dem lediglich zu vernachlässigende Änderungen an elektrischen Parametern auftreten, die nicht auf Laständerung oder Fehler zurückzuführen sind

3.17

harmonische Gesamtverzerrung (Strom oder Spannung)

D_t

Verhältnis des Effektivwerts der Speisewellenform, abzüglich der Grundkomponente, zum Effektivwert der periodischen Grundwelle

$$D_t \% = 100 \times \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{n=\infty} H_n^2}}{H_1}$$

Dabei ist

H_1 der Effektivwert des Grundstroms oder der Grundspannung;

H_i der Effektivwert des/der n-ten Oberschwingungsstroms oder -spannung.

3.18

Übergangsvorgänge

vorübergehende Abweichungen einer Eigenschaft vom ausgeglichenen Betriebszustand. Sie werden beispielsweise durch die Reaktion des Generatorreglers auf eine Störung verursacht

Anmerkung 1 zum Begriff: Kurzfristige Unterspannungen oder Unterbrechungen aufgrund des Schaltens können als Übergangsvorgänge betrachtet werden.

3.19

Verbraucher

jedes Gerät oder jede funktionale Gruppe von Geräten, die elektrische Energie verbraucht

3.20

Spannungswerte

Wert der Wechselspannung wird durch den Effektivwert bestimmt, der zwischen jeder Phase und dem Nullleiter gemessen wird; der Wert der Gleichspannung wird durch den rechnerischen Mittelwert bestimmt, der zwischen dem positiven Anschluss und Masse gemessen wird

4 Anforderungen, die für alle Stromversorgungsnetze gelten

4.1 Allgemeine Anforderungen an die Stromerzeugung

4.1.1 Auslegung und Steuerung

Auslegung und Steuerung der Stromversorgungsquellen müssen sicherstellen, dass die Kenngrößen der Stromversorgung aus diesem Dokument an den Anschlussklemmen der Verbraucher zur Verfügung stehen.

Sofern nichts anderes vorgeschrieben ist (z. B. Nennspannungen), müssen alle Werte für Parameter, die in diesem Dokument angegeben sind, an den Geräteanschlussklemmen gemessen, einschließlich während der Stromversorgung des Luftfahrzeugs durch ein Bodenstromaggregat, das diesem Dokument entspricht.

4.1.2 Eingespeiste Energie

Die eingespeiste Energie muss die Leistungsanforderung der angeschlossenen Verbraucher unter allen Betriebsbedingungen des Luftfahrzeugs erfüllen. Dies gilt für Wechsel- und Gleichstromversorgungsnetze und muss mithilfe einer Energiebilanz bestätigt werden, wie in EN 3830 festgelegt.

4.1.3 Unterbrechungen

Die Dauer üblicher Stromunterbrechungen, die durch das Schalten von Sammelschienen oder Stromquellen verursacht wird, darf 50 ms nicht überschreiten, sofern nichts anderes angegeben ist, wobei gilt, dass 200 ms nicht überschritten werden dürfen.

Während dieser Zeit darf die Spannung zwischen Null und den entsprechenden Grenzen für den ausgeglichenen Betriebszustand liegen, die in diesem Dokument angegeben sind.

4.2 Allgemeine Anforderungen für Verbraucher

4.2.1 Allgemeines

Der Verbraucher muss die volle Leistung liefern, die durch seine Spezifikation vorgegeben ist, wenn er mit Strom gespeist wird, der die Kenngrößen für den normalen Betriebszustand, wie in diesem Dokument ausgeführt, aufweist.

4.2.2 Speisetyp

Einphasig gespeiste Geräte sollten zwischen der Phase und dem Nullleiter angeschlossen werden. Alle Geräte, für die die Leistungsaufnahme 500 VA überschreitet, sollten von einer 3-phasigen Stromquelle gespeist werden.

Diese Anforderungen dürfen unberücksichtigt bleiben, wenn

- a) 28 V Gleichstrom die einzig verfügbare Stromversorgung ist,
- b) Notbetrieb erforderlich ist und
- c) unterbrechungsfreie Stromversorgungen erforderlich sind (sofern keine unterbrechungsfreie Stromübertragung an der Wechselstromsammelschiene zur Verfügung steht).

Verbraucher verwenden vorzugsweise nur einen Stromtyp (Wechselstrom oder Gleichstrom). Ist dies nicht der Fall, muss das Gerät seine angegebene Leistung liefern, wenn es gleichzeitigen Abweichungen beider Stromeingänge innerhalb der Grenzen, die in den entsprechenden Tabellen dieses Dokumentes aufgeführt sind, ausgesetzt ist.

Das Maß der Leistungsminderung, die während anormaler Betriebszustände und Notbetrieb des Stromversorgungsnetzes zulässig ist, muss in der individuellen Spezifikation des Verbrauchers angegeben sein. Das Gerät darf keinen unsicheren Zustand während des Betriebs dieser Netze erzeugen.

Die Kenngrößen von Verbrauchern, wie etwa Impulslast, Gleichrichtungsrückspeisung oder Einschaltstrom, dürfen nicht dazu führen, dass die Speisekenngrößen die in den entsprechenden Bildern dieses Dokumentes angegebenen Grenzwerte überschreiten.

4.2.3 Versorgungsunterbrechungen

Die Verbraucher müssen Stromversorgungsunterbrechungen, wie in 4.1.3 angegeben, unbeschadet standhalten und die volle Leistung wiederaufnehmen, wenn das Netz wiederhergestellt ist. Die Verbraucherleistung während dieser Ereignisse muss der in der Gerätespezifikation festgelegten Leistung entsprechen.

5 Wechselstromnetz

5.1 Allgemeines

Die folgenden Absätze enthalten die Kenngrößen von 3-phasigen 115/200-V-Netzen. Für alternative Spannungen gelten die im Folgenden genannten Grenzwerte, abgesehen davon, dass die Spannungswerte dem 26/115-Fachen der für 26-V-Wechselstromnetze angegebenen Werte und dem 230/115-Fachen für 230-V-Wechselstromnetze entsprechen.

5.2 Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(CF)

5.2.1 Grenzwerte

Tabelle 1 — Zusammenfassung der Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(CF)

	Systemgrenzwerte	
	Normal	Anormal
Leistungsfaktor	0,75 induktiv bis 0,95 kapazitiv	
Spannung		
3-Phasenmittelwert (V effektiv)	105,5 bis 120,5	98,5 bis 132,5
Einzelphasen (V effektiv)	104 bis 122	97 bis 134
Unsymmetrie der Phasen (V effektiv)	6	
Phasenverschiebung (Grad)	116 bis 124	
Gleichstromkomponente (V Gleichstrom)	−0,1 bis 0,1	−0,2 bis 0,2
Modulation		
Amplitude (V)	3,5	
Frequenzkomponenten	Bild 8	
Spannungswellenform		
Scheitelfaktor	1,31 bis 1,51	1,31 bis 1,51
Harmonische Gesamtverzerrung (%)	8	10
Harmonische Einzelverzerrung (%)	6	8
Frequenz (Hz)	395 bis 405	370 bis 430
Frequenzmodulation	Bild 2	
Übergangsvorgänge		
Spannungen bei Übergangsvorgängen	Bild 6 a)	Bild 6 c) – Siehe Anmerkung.
Frequenz bei Übergangsvorgängen	Bild 3 a)	Bild 3 b) – Siehe Anmerkung.
Spannungsspitzen	Bild 10	Bild 10

ANMERKUNG Ein Kurzschluss kann dazu führen, dass Speisespannung und Frequenz während der Ausschaltdauer des Schutzschalters bei oder nahe Null bleiben.

Alle vorstehenden Parameter werden an den Eingangsklemmen des Verbrauchers gemessen.

Der Spannungsabfall zwischen den Geräteanschlussklemmen und dem Punkt der Regelung beträgt maximal 4 V.

Die Grenzen der Notstromversorgung müssen für jedes Luftfahrzeug vom Hersteller festgelegt werden.

5.3 Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(NF)

5.3.1 Grenzwerte

Tabelle 2 — Zusammenfassung der Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(NF)

	Systemgrenzwerte	
	Normal	Anormal
Leistungsfaktor	0,75 induktiv bis 0,95 kapazitiv	
Spannung		
3-Phasenmittelwert (V effektiv)	105,5 bis 120,5	98,5 bis 132,5
Einzelphasen (V effektiv)	104 bis 122	97 bis 134
Unsymmetrie der Phasen (V effektiv)	6	
Phasenverschiebung (Grad)	116 bis 124	
Gleichstromkomponente (V Gleichstrom)	-0,1 bis 0,1	-0,2 bis 0,2
Modulation		
Amplitude (V)	3,5	
Frequenzkomponenten	Bild 8	
Spannungswellenform		
Scheitelfaktor	1,31 bis 1,51	1,31 bis 1,51
Harmonische Gesamtverzerrung (%)	8	10
Harmonische Einzelverzerrung (%)	6	8
Frequenz (Hz)	360 bis 650	Nicht zutreffend
Max. Geschwindigkeit der Frequenzänderung	Siehe ANMERKUNG 3.	Siehe ANMERKUNG 3.
Übergangsvorgänge		
Spannungen bei Übergangsvorgängen	Bild 6 a)	Bild 6 c) – Siehe ANMERKUNG 1.
Frequenz bei Übergangsvorgängen	Siehe ANMERKUNG 2.	Siehe ANMERKUNG 2.
Spannungsspitzen	Bild 10	Bild 10

ANMERKUNG 1 Ein Kurzschluss kann dazu führen, dass Speisespannung und Frequenz während der Ausschaltdauer des Schutzschalters bei oder nahe Null bleiben.

ANMERKUNG 2 Bei Luftfahrzeugen mit zwei oder mehr Motoren muss der Hersteller die maximale Frequenzschrittänderung angeben.

ANMERKUNG 3 Die maximale Geschwindigkeit der Frequenzänderung während des normalen und anormalen Betriebszustands muss vom Hersteller des Luftfahrzeugs angegeben werden, da sie vom Motortyp abhängt.

Alle vorstehenden Parameter werden an den Eingangsklemmen des Verbrauchers gemessen.

Der Spannungsabfall zwischen den Geräteanschlussklemmen und dem Punkt der Regelung beträgt maximal 4 V.

Die Grenzen der Notstromversorgung müssen für jedes Luftfahrzeug vom Hersteller festgelegt werden.

5.4 Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(WF)

5.4.1 Grenzwerte

Tabelle 3 — Zusammenfassung der Versorgungskenngrößen für Netze der Kategorie A(WF)

	Systemgrenzwerte	
	Normal	Anormal
Leistungsfaktor	0,75 induktiv bis 0,95 kapazitiv	
Spannung		
3-Phasenmittelwert (V effektiv)	105,5 bis 120,5	98,5 bis 132,5
Einzelphasen (V effektiv)	104 bis 122	97 bis 134
Unsymmetrie der Phasen (V effektiv)	9	
Phasenverschiebung (Grad)	114 bis 126	
Gleichstromkomponente (V Gleichstrom)	-0,1 bis 0,1	-0,2 bis 0,2
Modulation		
Amplitude (V)	3,5	
Frequenzkomponenten	Bild 8	
Spannungswellenform		
Scheitelfaktor	1,26 bis 1,56	
Harmonische Gesamtverzerrung (%)	9	11
Harmonische Einzelverzerrung (%)	7	9
Frequenz (Hz)	360 bis 800	Nicht zutreffend
Max. Geschwindigkeit der Frequenzänderung	Siehe ANMERKUNG 3.	Siehe ANMERKUNG 3.
Übergangsvorgänge		
Spannungen bei Übergangsvorgängen	Bild 6 b)	Bild 6 c) – Siehe ANMERKUNG 1.
Frequenz bei Übergangsvorgängen	Siehe ANMERKUNG 2.	Siehe ANMERKUNG 2.
Spannungsspitzen	Bild 10	Bild 10

ANMERKUNG 1 Ein Kurzschluss kann dazu führen, dass Speisespannung und Frequenz während der Ausschaltdauer des Schutzschalters bei oder nahe Null bleiben.

ANMERKUNG 2 Bei Luftfahrzeugen mit zwei oder mehr Motoren muss der Hersteller die maximale Frequenzschrittänderung angeben.

ANMERKUNG 3 Die maximale Geschwindigkeit der Frequenzänderung während des normalen und anormalen Betriebszustands muss vom Hersteller des Luftfahrzeugs angegeben werden, da sie vom Motortyp abhängt.

Alle vorstehenden Parameter werden an den Eingangsklemmen des Verbrauchers gemessen.

Der Spannungsabfall zwischen den Geräteanschlussklemmen und dem Punkt der Regelung beträgt maximal 4 V.

Die Grenzen der Notstromversorgung müssen für jedes Luftfahrzeug vom Hersteller festgelegt werden.

5.5 Anforderungen in Zusammenhang mit den Verbrauchern

5.5.1 Unsymmetrie der Phasenlast

Im ausgeglichenen Betriebszustand darf die Unsymmetrie der Phasenlast die in Bild 4 angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten.

5.5.2 Leistungsfaktor

Im ausgeglichenen Betriebszustand muss der Leistungsfaktor des Verbrauchers so nahe wie möglich am Leistungsfaktor Eins liegen und innerhalb der in Bild 5 angegebenen Grenzwerte bleiben.

Wenn eine Reihe identischer Geräte im Luftfahrzeug installiert sind, muss der Leistungsfaktor aller parallel geschalteter Geräte die Anforderungen aus Bild 5 erfüllen.

Der Leistungsfaktor von Motoren mit einer Leistung von 1,5 KVA und mehr muss näher am Leistungsfaktor Eins liegen als an 0,4 induktiv nach 20 % der Anlaufzeit.

5.5.3 Einschaltstrom

Alle Geräte müssen sich einschalten lassen, wenn ein Speisespannungsabfall zwischen dem POR und den Geräteanschlussklemmen angenommen wird, der im ausgeglichenen Betriebszustand bei voller Last auf 4 V begrenzt ist.

Der Einschaltstrom der Geräte muss derart begrenzt werden, dass er die Kenngrößen des Netzes nicht unzulässig reduziert.

5.5.4 Spannungsmodulation

Während des normalen Betriebszustands kann die Strommodulation aller Geräte eine Spannungsmodulation am Stromnetz herbeiführen.

Die Strommodulation jedes Geräts muss derart begrenzt werden, dass die Spannungsmodulation des gesamten Netzes mit dem in Tabelle 1 angegebenen Wert kompatibel bleibt.

5.5.5 Verzerrung der Eingangsstromoberschwingung

Der Betrieb der Verbraucherstromversorgungen kann zu harmonischen Verzerrungen an den Speiseleitungen führen. Die Auswirkung dieser Stromverzerrung ist eine Verformung der Wechselstromwellenform, die zu einer Spannungsverzerrung führt.

Diese Spannungsverzerrung wird zwischen allen Verbrauchern aufgeteilt, die an demselben Netz angeschlossen sind.

Es liegt in der Verantwortung des Systemintegrators für das elektrische Netz, sicherzustellen, dass die Gesamtspannungsverzerrung des Netzes mit dem Grenzwert im Einklang steht, der in der Tabelle mit den entsprechenden Versorgungskenngrößen angegeben ist.

Um diese Anforderung zu unterstützen, sind Grenzwerte für die Stromüberschwingung der Verbraucher in der folgenden Tabelle 4 und Tabelle 5 angegeben.

Die Grenzwerte sind in Form eines Stromverzerrungsspektrums angegeben, wenn der Verbraucher von einer Quelle mit geringer Impedanz über den gesamten üblichen Frequenzbereich gespeist wird (Verzerrung der Spannungsüberschwingung geringer als 1,25 %).

Die Grenzen der Stromüberschwingung der Verbraucher müssen eventuell angepasst werden, um die angestrebte Verzerrung der Spannungsüberschwingung für das elektrische Bordnetz eines bestimmten Luftfahrzeugs einzuhalten.

Tabelle 4 — Grenzwerte der Stromüberschwingung für 1-phasige elektrische Geräte

Ordnungszahl der Oberschwingung	Grenzwerte
Ungeradzahlige Oberwelle, nicht dritter Ordnung (h = 5, 7, 11, 13, ... , 37)	$I_h = 0,3 I_1/h$
Ungeradzahlige Oberwelle dritter Ordnung (h = 3, 9, 15, 21, ... , 39)	$I_h = 0,15 I_1/h$
Geradzahlige Oberwelle 2 und 4	$I_h = 0,01 I_1/h$
Geradzahlige Oberwelle >4 (h = 6, 8, 10, ... , 40)	$I_h = 0,0025 I_1$

Tabelle 5 — Grenzwerte der Stromüberschwingung für symmetrische 3-phasige elektrische Geräte

Ordnungszahl der Oberschwingung	Grenzwerte
3., 5., 7.	$0,02 I_1$
Ungeradzahlige Oberwelle dritter Ordnung (h = 9, 15, 21, ... , 39)	$I_h = 0,1 I_1/h$
11.	$0,1 I_1$
13.	$0,08 I_1$
Ungeradzahlige Oberwelle 17, 19	$0,04 I_1$
Ungeradzahlige Oberwelle 23, 25	$0,03 I_1$
Ungeradzahlige Oberwelle 29, 31, 35, 37	$I_h = 0,3 I_1/h$
Geradzahlige Oberwelle 2 und 4	$I_h = 0,01 I_1/h$
Geradzahlige Oberwelle >4 (h = 6, 8, 10, ... , 40)	$I_h = 0,0025 I_1$

h = Ordnung der Oberwelle;

I_h = maximale Stromüberschwingung der Ordnung h, die während des minimalen, maximalen und ausgeglichenen Betriebszustands erreicht wird;

I_1 = maximale Stromgrundschiwingung des Geräts, der während des minimalen, maximalen und ausgeglichenen Betriebszustands erreicht wird.

6 Gleichstromnetz 28 V

6.1 Allgemeines

Die Generatoren und Verbraucher müssen mit 2 elektrischen Drähten verbunden werden. Der Rückleitungsdraht (negativ) wird grundsätzlich auf dem kürzesten Weg mit der Struktur (Masse) verbunden, die einen zweiten Leiter bildet.

6.2 Versorgungskenngrößen für 28-V-Netze

6.2.1 Grenzwerte

Tabelle 6 — Zusammenfassung der Kenngrößen für 28-V-Gleichstromversorgung

	Systemgrenzwerte						Bemerkungen
	Normal			Anormal			
Spannung							
Kategorie	A()	B	Z	A()	B	Z	—
Ausgeglichener Zustand (V Gleichstrom)	22,5 bis 31	24,5 bis 29,5	22,5 bis 31	21 bis 32	21 bis 32	21 bis 32	—
Übergangsvor- gänge	Bild 7 a)	Bild 7 c)	Bild 7 e)	Bild 7 b)	Bild 7 d)	Bild 7 f)	—
Übergangsvor- gänge (speziell)	—			—			Siehe 6.2.3
Welligkeit (V _{pk} /p _k)	4 — Siehe Bild 9.			—			Siehe 6.2.2
Spannungsspitzen	Siehe Bild 11.						—

Nennspannung: 28 V.

Alle vorstehenden Parameter werden an den Eingangsklemmen des Verbrauchers gemessen.

Der Spannungsabfall zwischen den Geräteanschlussklemmen und dem Punkt der Regelung beträgt maximal 2 V.

Für Netzkategorien, in denen üblicherweise eine Batterie am Gleichstromnetz angeschlossen ist, hängen die Kenngrößen der Batterieladung von der Spannung des Gleichstromnetzes ab.

Die Grenzen der Notstromversorgung müssen für jedes Luftfahrzeug vom Hersteller festgelegt werden.

6.2.2 Spannungswelligkeit

Diese muss mit angeschlossener oder getrennter Batterie, in Abhängigkeit von der Kategorie, gemessen werden.

6.2.3 Spezielle Übergangsvorgänge

Der Hersteller des Luftfahrzeugs muss eine Kurve festlegen, um spezielle Betriebsarten, wie etwa Motorenstart, zu berücksichtigen.