

März 2005

Projekt Energieeffizienz von USV-Anlagen

Schlussbericht

ausgearbeitet durch

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichtes verantwortlich.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:
www.electricity-research.ch

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	1
Résumé	2
Summary	3
1. Einleitung	4
2. Organisation des Projektes	4
3. Dokumente zu USV-Anlagen.....	5
3.1. Übersicht	5
3.2. Erweiterung der Qualitäts-/Energieeffizienzkriterien	5
3.3. Aufbereitung der Grundlagendokumente für den Transfer in die Länder der EU	6
3.4. Normenaktualisierung.....	6
3.5. Planerbroschüre	7
3.6. Checkliste für die Ausschreibung von USV-Anlagen	7
3.7. Merkblatt: Optimierter Einsatz von USV-Anlagen	7
4. Wissenstransfer	8
5. Internationale Kontakte	8
5.1. Kontakte zum IEC Subcommittee SC22H	8
5.2. Kontakte zur EU Kommission	9
5.3. Weitere Kontakte	9
6. Bewertung der Projektarbeiten.....	9
7. Ausblick / Umsetzungsaktivitäten	10

8. Anhänge	11
------------------	----

ZUSAMMENFASSUNG

Die in früheren Projekten des BFE erstellten Dokumente bezüglich der Qualität und Energieeffizienz von USV-Anlagen aus den Jahren 1998 bis 2000 wurden gemeinsam mit einer Trendwatchgruppe USV-Anlagen überarbeitet und ergänzt. Die Trendwatchgruppe setzte sich aus Vertretern von Herstellern, Lieferanten und Planern von USV-Anlagen zusammen und gewährleistete somit die Aktualität der überarbeiteten Dokumente. Auch wurden neue Dokumente betreffend den energieeffizienten Einsatz von USV-Anlagen erstellt.

Die zentralen Dokumente, wie „Optimierter Einsatz von USV-Anlagen“, „Messverfahren für USV-Anlagen“, „Label für USV-Anlagen“ und die „Qualitäts-/Energie-Matrix“ wurden in die englische Sprache übersetzt. Diese in Englisch verfügbaren Dokumente bilden die Basis für die internationale Verbreitung der erarbeiteten Grundlagen über die Qualität und Energieeffizienz von USV-Anlagen. So nimmt die Schweiz seit 2003 im IEC Subcommittee SC22H Einsitz und kann an der Normierung von USV-Anlagen mitgestalten. Dank den vorhandenen englischen Versionen führten Kontakte zur EU-Kommission dazu, dass auf Basis der schweizerischen Arbeiten ein europäischer „Code of Conduct“ und ein Label für den Bereich USV-Anlagen entwickelt werden sollen. Das Dokument „Label for UPS-Systems“ des BFE wird von einem amerikanischen Projektteam verwendet, das im Auftrag der California Energy Commission die Verbesserung der Energieeffizienz für USV-Anlagen in Rechenzentren zum Ziel hat.

Nach dem Abschluss des Projektes „Energieeffizienz von USV-Anlagen“ wird die Schweiz weiterhin im SC22H vertreten sein und an der Ausarbeitung des europäischen „Code of Conduct“ und einem Label im Bereich USV-Anlagen mitwirken und somit die im Auftrag des BFE erarbeiteten Grundlagen bezüglich Qualität und Energieeffizienz von USV-Anlagen international verbreiten.

RÉSUMÉ

Les documents concernant la qualité et l'efficacité énergétique d'appareils ASC, résultant de projets précédents de l'OFEN (années 1998 à 2000), ont été revus et complétés en collaboration d'un groupe de suivi "appareils ASC". Ce groupe se constitue de représentants de fabricants, livreurs et planificateurs d'appareils ASC. Il donne ainsi la preuve que les documents élaborés sont d'actualité. En outre, de nouveaux documents liés à l'engagement de l'efficacité énergétique des appareils ASC ont été créés.

Les documents principaux, comme "Engagement optimal des appareils ASC", "Processus de mesure d'appareils ASC", "Label pour appareils ASC" et "Matrice qualité et énergie" ont été traduits en langue anglaise. Ces documents, disponibles en anglais, forment la base d'une diffusion internationale de supports d'information sur la qualité et l'efficacité énergétique des appareils ASC. Depuis 2003, la Suisse siège au Subcommittee SC22H, pouvant ainsi collaborer à l'élaboration de la norme des appareils ASC. Grâce aux versions anglaises disponibles, les contacts avec la commission UE ont dévoilé qu'un "Code of Conduct" européen et un label pour le domaine des appareils ASC se devaient d'être développés sur la base des travaux Suisses. Le document "Label pour appareils ASC", publié par l'OFEN, sera utilisé par un groupe de projet américain, qui, sur mandat de la "California Energy Commission", a pour objectif l'augmentation de l'efficacité énergétique des appareils ASC dans les centres de calcul.

Après conclusion du projet "Efficacité énergétique des appareils ASC", la Suisse maintiendra sa présence au Subcommittee SC22H et collaborera à l'élaboration du "Code of Conduct" européen. En offrant son apport à un label dans le secteur des appareils ASC, elle contribuera à étendre les travaux sur la qualité et l'efficacité énergétique des appareils ASC au niveau international.

SUMMARY

The documents compiled by the Swiss Federal Office of Energy in earlier projects concerning the quality and energy efficiency of uninterruptible power supply (UPS) systems dating from 1998 to 2000 have been revised and expanded in collaboration with a UPS Systems trend-watch group. In view of the fact that the trend-watch group comprised representatives of manufacturers, suppliers and planners of UPS systems, it was able to ensure that the content of the revised documents is fully up-to-date. At the same time a number of new documents were also compiled that deal with the energy-efficient use of UPS systems.

The central documents such as "Optimised use of UPS systems", "Measurement procedures for UPS systems", "Label for UPS systems" and "Quality/Energy matrix" have been translated into English. These documents in English form the basis for the international distribution of the studies and findings relating to the quality and energy efficiency of UPS systems. Switzerland has been a member of IEC Sub-Committee SC22H since 2003, and is thus able to play a role in the definition of standards for UPS systems. Thanks to the available English versions, contacts with the EU Commission have resulted in the planned development of a European code of conduct and a label for UPS systems on the basis of the studies carried out in Switzerland. The Swiss Federal Office of Energy's document entitled "Label for UPS systems" is being used by an American project team that is examining ways to improve the energy efficiency of UPS systems in computer centres on behalf of the California Energy Commission.

After the "Energy efficiency of UPS systems" project has been concluded, Switzerland will remain a member of SC22H and will be involved in the formulation of the European code of conduct and the development of a label for UPS systems, and will thus continue to internationally distribute the results of the studies concerning the quality and energy efficiency of UPS systems that were carried out on behalf of the Swiss Federal Office of Energy.

1. EINLEITUNG

Das Projekt „Energieeffizienz von USV-Anlagen“ basierte auf den BFE-Projektarbeiten „Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen“ aus den Jahren 1998 und 1999 sowie den erstellten Grundlagen für eine Selbstdeklaration, bzw. für die Erstellung eines Labels für USV-Anlagen aus den Jahren 1999 und 2000.

Das Ziel des Projektes bestand darin, die bisher erarbeiteten Grundlagen über die Auslegung, Qualität, Energieeffizienz und den Betrieb von USV-Anlagen zu aktualisieren und für die Anwendung in den Ländern der Europäischen Union aufzubereiten.

Im Verlaufe des Projektes wurde erkannt, dass weitere Dokumente, die einzelne Aspekte der Grundlagen vertieft behandeln, erstellt werden müssen. Neue Dokumente wurden erarbeitet, soweit dies im Rahmen des Projektes möglich war.

Mit der Bildung einer Trendwatchgruppe USV-Anlagen wurden Schweizer Hersteller und Lieferanten von USV-Anlagen formell in die Projektaktivitäten miteinbezogen.

2. ORGANISATION DES PROJEKTES

In die Projektaktivitäten ist neben Schnyder Ingenieure AG ebenfalls eine Arbeitsgruppe bestehend aus Schweizer Herstellern und Lieferanten von USV-Anlagen sowie ein Planer von USV-Anlagen miteinbezogen. Das Fortbestehen dieser Arbeitsgruppe über die Projektaktivitäten hinaus, ist mit der Initialisierung der Trendwatchgruppe USV-Anlagen im September 2003 erfolgt.

Folgende Hersteller und Lieferanten von USV-Anlagen sind in der Trendwatchgruppe USV-Anlagen vertreten:

- ALMAT AG
- ATC Advanced Technology Center
- EHAG Electronic Hardware AG
- Emerson
- GUTOR Electronic AG
- GE Digital Energy
- MGE UPS Systems AG
- Rotronic AG
- Service Net AG
- Sicon Socomec AG

Als Vertreter der Planer von USV-Anlagen wirkt Amstein + Walthert AG in der Trendwatchgruppe mit.

Die Aufgabe der Trendwatchgruppe „USV-Anlagen“ im Rahmen des Projektes war, Stellungnahme zu den von Schnyder Ingenieure AG erstellten oder überarbeiteten Dokumenten zu nehmen und Anregungen aus der Hersteller-, Lieferanten- und Planer-Sicht einzubringen.

3. DOKUMENTE ZU USV-ANLAGEN

3.1. ÜBERSICHT

Im Verlaufe des Projektes wurden die bestehenden Dokumente zu USV-Anlagen aktualisiert, ergänzt und einige umfangreiche, bestehende Dokumente in die englische Sprache übersetzt. Zudem wurden auch neue Dokumente erstellt. Die Übersicht der aktuellen Dokumente ist aus Abbildung 1 ersichtlich.

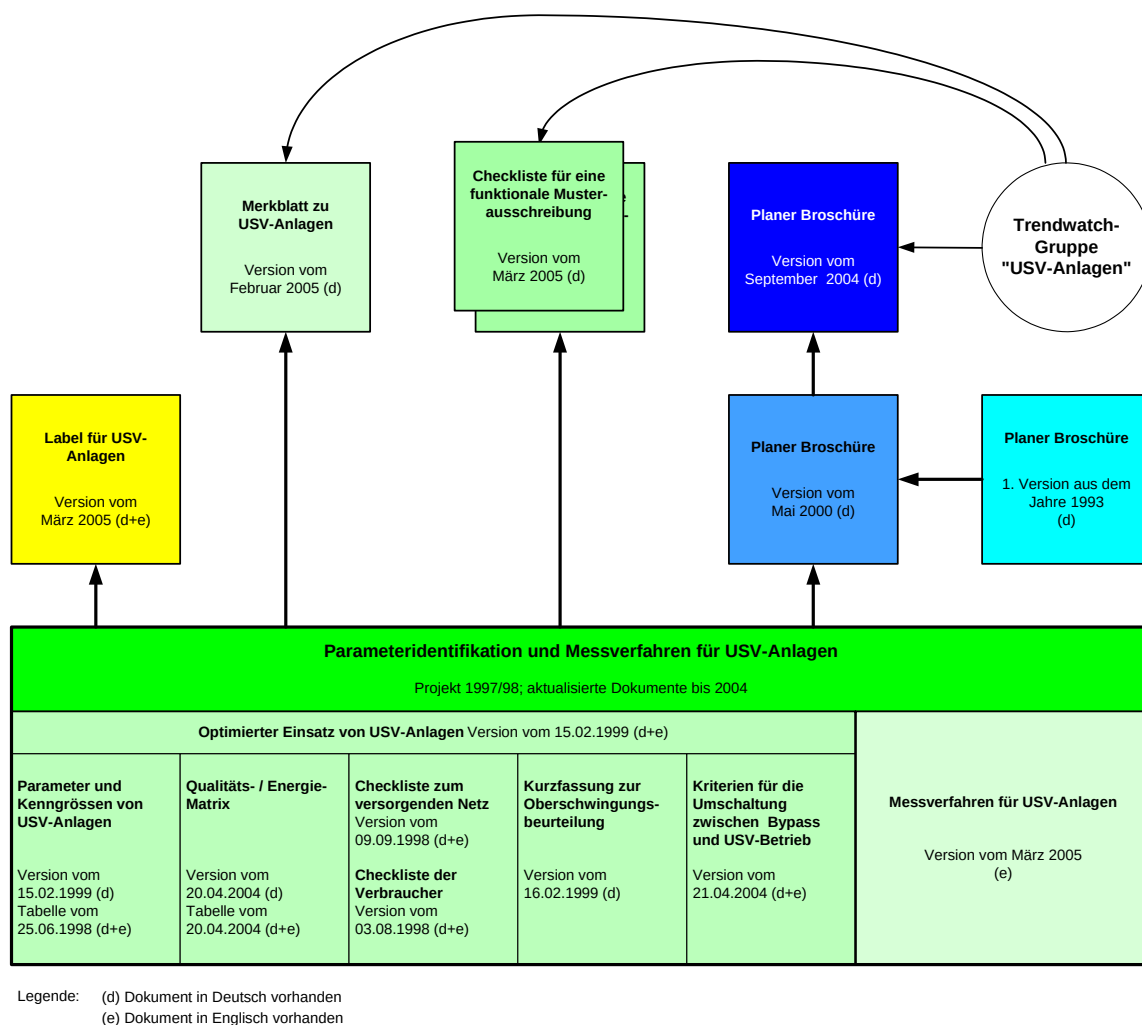


Abbildung 1: Übersicht über die aktuellen USV-Dokumente

Im Folgenden werden die Aktualisierungen, die Ergänzungen und die neuen USV-Dokumente zusammenfassend erläutert.

3.2. ERWEITERUNG DER QUALITÄTS-/ENERGIEEFFIZIENZ-KRITERIEN

Für die Ermittlung der Verluste im Standby-Modus wurde eine, den bisherigen Prozeduren zur Bestimmung der Parameter von USV-Anlagen äquivalente, Methodik entwickelt. Die Präzisierung der Kriterien für die Umschaltung zwischen Bypass- und USV-Betrieb hinsichtlich der An-

forderungen an die Steuerung von USV-Anlagen ist ein weiterer Bestandteil der ausgeführten Arbeiten.

Die in den Vorgängerprojekten erstellten Dokumente „Qualitäts-/Energie-Matrix“, „Messverfahren“ und „Label für USV-Anlagen“ sind im Rahmen der Projektaktivitäten mit Angaben bzw. der Methodik für die Ermittlung der Verluste im Standby-Modus ergänzt worden. In Abstimmung mit der Arbeitsgruppe sind die Ergänzungen und Umformulierungen diskutiert und wie folgt festgelegt worden:

- Der Standby-Modus entspricht dem Betrieb der USV-Anlage ohne Last. Dabei steht am Ausgang die Nennspannung an, der Ausgangsstrom ist Null. Ein Strombezug am Ausgang durch plötzliche Belastung ist jeder Zeit ohne Verzögerung möglich.
- Der Standby-Modus ist bei den beiden Betriebsarten „Betrieb über USV“ und „Betrieb über Bypass“ möglich.
- Im Label für USV-Anlagen werden die Energieverluste für 2'000 Stunden Standby-Modus pro Jahr aufgenommen. Dies entspricht ungefähr 6 Stunden Standby-Zeit pro Tag.
- Als Kriterium für die Umschaltung zwischen „Betrieb über USV“ und „Betrieb über Bypass“ wird die Grösse der Last am Ausgang der USV-Anlage festgelegt, d.h. der Ausgangsstrom bestimmt die Betriebsart. Dabei kann der Stromgrenzwert für die Umschaltung vom Anlagenbetreiber bestimmt werden.

3.3. AUFBEREITUNG DER GRUNDLAGENDOKUMENTE FÜR DEN TRANSFER IN DIE LÄNDER DER EU

Die Dokumente der Vorgängerprojekte sind in die Englische Sprache übersetzt worden. Die folgenden mit dem Standby-Modus und den Kriterien für die Umschaltung des Betriebes ergänzten Dokumente sind in englischer Sprache vorhanden:

- Optimised use of UPS Systems incl. annexes
 - . Parameters and Specifications of UPS Systems
 - . Quality/energy matrix (Q/E matrix)
 - . Mains supply checklist
 - . Electrical devices checklist
 - . Criteria for switching between bypass and UPS mode
- Testing procedures for UPS Systems
- Label for UPS System

3.4. NORMENAKTUALISIERUNG

In den USV-Dokumenten werden mehrere internationale Normen aufgeführt, vor allem in der Q/E-Matrix und im Messverfahren. Sämtliche in den Dokumenten aufgeführten Normen wurden aktuellen internationalen Normenbezeichnungen angepasst.

3.5. PLANERBROSCHÜRE

Die Planerbroschüre, d.h. das Dokument „Energieoptimierte Planung und Betrieb von USV-Anlagen; Ein Leitfaden für Planer und Betreiber“ wurde überarbeitet und in den folgenden Themen ergänzt:

- Überwachung der USV-Anlage
- Verfügbarkeit
- Modularer Aufbau
- Energiebilanzen von zentraler und dezentraler USV-Versorgung
- Rotierende USV-Anlagen

3.6. CHECKLISTE FÜR DIE AUSSCHREIBUNG VON USV-ANLAGEN

Eine Checkliste zur Erstellung einer funktionalen Musterausschreibung wurde ausgearbeitet. Darin wird aufgezeigt, welche Grundlagen für die Versorgung von USV berechtigten Verbrauchern ermittelt werden müssen, um anschliessend die benötigte USV-Anlage spezifizieren zu können. Die funktionale Musterausschreibung ist so ausgestaltet, dass die Funktionen und Leistungen der USV-Anlage definiert werden. Die USV-Anlage selbst wird als „Blackbox“ betrachtet, d.h. die Technologie wird in der Ausschreibung nicht vorgegeben.

3.7. MERKBLATT: OPTIMIERTER EINSATZ VON USV-ANLAGEN

In einem ersten Merkblatt zu USV-Anlagen wird der Inhalte des Dokumentes „Optimierter Einsatz von USV-Anlagen“ konzentriert auf vier A4-Seiten wiedergegeben. Mit diesem Merkblatt sollen die Planer und Betreiber von USV-Anlagen darauf hingewiesen werden, dass die detailliert Kenntnis der Anforderungen und der Qualität der Verbrauchern wie auch des Netzes die Basis für einen optimierten und Kosten sparenden Einsatz der USV-Anlagen bilden.

4. WISSENSTRANSFER

Im Mai 2003 hat im Anschluss an die Generalversammlung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins electrosuisse eine BFE / ITG / ETG-Informationstagung zum Thema Energie und Informatik stattgefunden. Anlässlich dieser Tagung konnten Anwender von USV-Anlagen über den Zusammenhang von Energieeffizienz und Qualität von USV-Anlagen sensibilisiert werden. Eine erste bedeutsame Abklärung ist die Erfordernis einer USV-Versorgung wie dies im Schema der Abbildung 2 dargestellt ist.

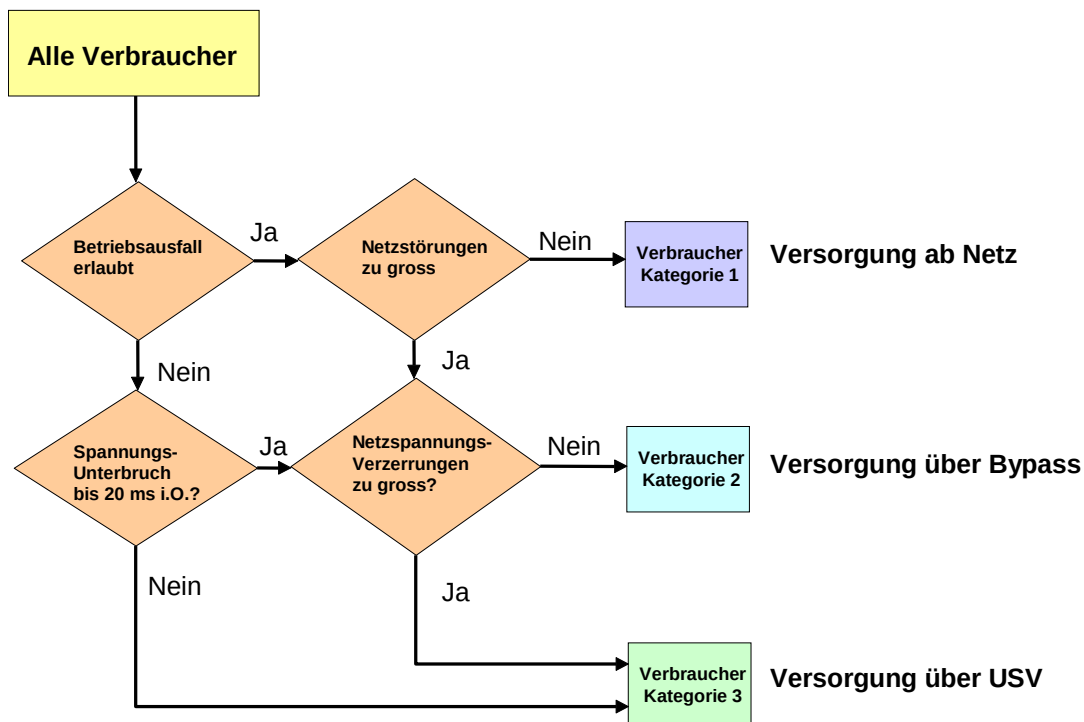


Abbildung 2: Schema zur Beurteilung der Notwendigkeit und der Qualität einer Versorgung über USV-Anlagen

Ein dauernder Wissenstransfer erfolgt zudem in der Trendwatchgruppe USV-Anlagen zwischen Hersteller, Lieferant und Planer von USV-Anlagen.

5. INTERNATIONALE KONTAKTE

5.1. KONTAKTE ZUM IEC SUBCOMMITTEE SC22H

Mit dem IEC Subcommittee SC22H, welches sich mit der Normierung von USV-Anlagen beschäftigt, wurde über dessen Sekretär J.-P. Beaudet Kontakt aufgenommen.

Die vom BFE erarbeiteten und in die englische Sprache übersetzten Grundlagen betreffend die Qualität und die Energieeffizienz von USV-Anlagen sind vom Präsidenten des IEC Subcommittee SC22H an dessen Mitglieder zu einer ersten Beurteilung versandt worden. Wie

weit die eingereichten Grundlagen in die laufende Revision der IEC 62040-3 einfließen werden, ist noch offen. Im Jahre 2006 soll eine neue Version der IEC 62040-3 vorliegen.

Die Schweiz nimmt seit 2003, vertreten durch Herrn Daniele Gaia von der Firma *GE Digital Energy* im SC22H Einsitz.

5.2. KONTAKTE ZUR EU KOMMISSION

Eine weitere Möglichkeit zur Verbreitung der im Auftrag des BFE erarbeiteten Grundlagen zum Thema der Energieeffizienz von USV-Anlagen eröffnete sich mit dem Kontakt zum zuständigen EU-Vertreter Dr. P. Bertoldi. Vorgespräche mit ihm und diverse bilaterale Abklärungen haben ergeben, dass die EU grundsätzlich bereit ist, auf der Basis der schweizerischen Arbeiten einen europäischen „Code of Conduct“ und ein Label für den Bereich USV-Anlagen zu entwickeln.

5.3. WEITERE KONTAKTE

Interesse am Label für USV-Anlagen zeigt auch die California Energy Commission (CEC) und das Lawrence Berkley National Laboratory welche an einem Energieeffizienz Projekt für USV-Anlagen in Rechenzentren arbeiten. Auf die Anfrage von Dr. Arshad Mansoor der EPRI PEAC Corporation wurden die englischen USV-Dokumente des BFE diesem Projekt zur Verfügung gestellt. Im Rahmen dieses Projektes ist das Dokument „Label for UPS-Systems“ des BFE auf der entsprechenden Internetseite (http://hightech.lbl.gov/ups_documents.html) verfügbar.

Der EPA, U.S. Environmental Protection Agency, die für das Label „Energy Star“ zuständig ist, wurden die englischen Dokumente ebenfalls zugestellt.

6. BEWERTUNG DER PROJEKTARBEITEN

Die Dokumente des BFE bezüglich USV-Anlagen wurden in Zusammenarbeit mit der Trendwatchgruppe USV-Anlagen überarbeitet und erweitert, so dass sie dem aktuellen Stand der Technik entsprechen.

Mit den Übersetzungen der zentralen USV-Dokumente des BFE in die englische Sprache konnte die Basis für eine internationale Verbreitung der erarbeiteten Grundlagen über die Qualität und Energieeffizienz von USV-Anlagen gelegt werden. Vor allem durch die Integration der Schweiz in das IEC Subcommittee SC22H und die viel versprechenden Kontakte zur EU-Kommission.

Mit dem Beitrag anlässlich einer Fachveranstaltung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins electrosuisse erfolgte im Rahmen einer BFE / ITG / ETG-Informationstagung eine weitere Sensibilisierung der Anwender von USV-Anlagen hinsichtlich Qualität und Energieeffizienz von USV-Anlagen.

7. AUSBLICK / UMSETZUNGSAKTIVITÄTEN

Nach dem Abschluss des Projektes „Energieeffizienz von USV-Anlagen“ sind folgende Aktivitäten weiterhin wichtig:

- Ausarbeitung eines europäischen „Code of Conduct“ und eines Labels für den Bereich USV-Anlagen.
- Weiterführung der Kontakte zur IEC und weiteren internationalen Gremien.
- Fortführung der Aktivitäten für den Wissenstransfer über die Qualität und Energieeffizienz in der Schweiz mittels eines Marketingkonzepts.

8. ANHÄNGE

- Anhang 1: Optimierter Einsatz von USV-Anlagen
- Anhang 2: Optimised use of Uninterruptible Power Supply Systems
- Anhang 3: Test and Measurement Procedures to set up the Quality-/Energy-Matrix for UPS
- Anhang 4: Label für USV-Anlagen
- Anhang 5: Label for UPS Systems
- Anhang 6: Energieoptimierte Planung und Betrieb von USV-Anlagen
(Ein Leitfaden für Planer und Betreiber)
- Anhang 7: Checkliste für die Ausschreibung von USV-Anlagen
(Funktionale Musterausschreibung)
- Anhang 8: Checkliste für die Ausschreibung von kleinen USV-Anlagen
(Funktionale Musterausschreibung)
- Anhang 9: Merkblatt: Optimierter Einsatz von USV-Anlagen

Februar 1999

Optimierter Einsatz von USV-Anlagen

ausgearbeitet durch

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren des Berichtes verantwortlich.

Dieser Bericht ist auch in Englisch verfügbar.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:

www.electricity-research.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
2. Funktionen einer USV-Anlage	1
2.1. Sicherstellung der Stromversorgung.....	1
2.2. Abschirmung von Netzstörungen	2
2.3. Reduktion von Netzzrückwirkungen	2
2.4. Erfüllungsgrad der Aufgaben	3
2.5. Vergleichbarkeit von USV-Anlagen	3
2.5.1. Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen	3
2.5.2. Kopplung der qualitäts- und energierelevanten Kriterien.....	3
3. Versorgendes Netz	5
3.1. Netzqualität.....	5
3.2. Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher	5
4. Verbraucher	6
4.1. Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz	6
4.2. Qualität der Verbraucher	7
5. Anforderung an die USV-Anlage.....	8
5.1. Vergleich des versorgenden Netzes mit den Verbrauchern.....	8
5.1.1. Kategorisierung der Verbraucher	8
5.1.2. Beispiel zur Verbraucherkategorisierung	9
5.1.3. Beurteilung der Netzzrückwirkungen der Verbraucher.....	10
5.2. Spezifikation der USV-Anlage.....	11
5.3. Betrieb der USV-Anlage.....	12

1. EINLEITUNG

Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen (USV-Anlagen) dienen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit von elektrischen Verbrauchern, deren Funktionen bei Störungen sowie beim Ausfall der elektrischen Energieversorgung in einem vom Benutzer nicht tolerierten Mass beeinträchtigt werden.

Die Funktionen, welche eine USV-Anlage erfüllen muss, sind abhängig von den jeweils zu versorgenden Verbrauchern, d.h. den angeschlossenen Lasten. Nicht bei jedem Einsatz einer USV-Anlage müssen sämtliche möglichen Funktionen einer USV-Anlage im selben Masse erfüllt werden. Durch eine differenzierte Betrachtung der Verbraucher kann die Auswahl der USV-Anlage und deren Betrieb optimiert werden, **was zu einer Reduktion der Investitions- und Betriebskosten führt.**

Für einen optimierten Einsatz von USV-Anlagen müssen die Planer und Betreiber die Anforderungen an die USV-Anlagen kennen.

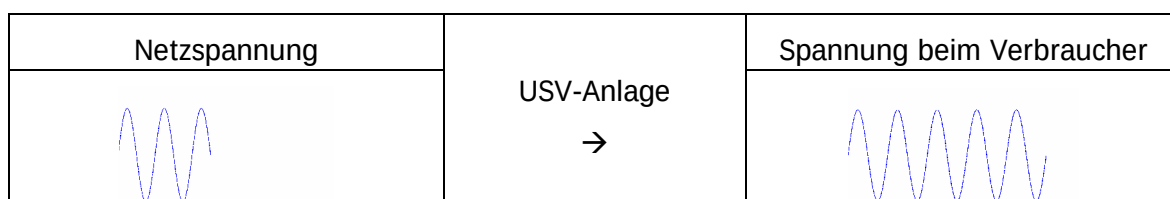
Um die Anforderungen an eine USV-Anlage ermitteln zu können, müssen die Qualität und die Anforderungen des speisenden Netzes und der anzuschliessenden Verbraucher bekannt sein. Ein systematisches Vorgehen zur Ermittlung der Anforderungen an eine USV-Anlage und deren Betrieb ist dabei sehr hilfreich.

2. FUNKTIONEN EINER USV-ANLAGE

USV-Anlagen werden zum Schutz von elektrischen Verbrauchern eingesetzt, bei denen ein Netzausfall kritisch ist oder die gegenüber Netzstörungen empfindlich sind. Zudem reduzieren USV-Anlagen die Netzurückwirkungen der Verbraucher. Dabei kann eine USV-Anlage drei Aufgaben übernehmen.

2.1. SICHERSTELLUNG DER STROMVERSORGUNG

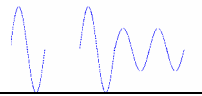
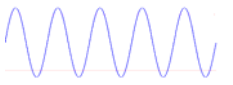
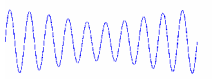
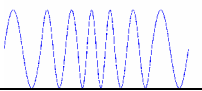
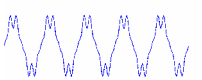
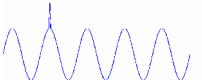
Bei einem Ausfall oder Unterbruch der Netzversorgung schaltet die USV-Anlage automatisch auf den Batteriebetrieb um. Die Verbraucher werden während der Dauer des Ausfalls oder des Unterbruchs ab der Batterie versorgt.



Spannungsverläufe am Eingang und Ausgang der USV-Anlage

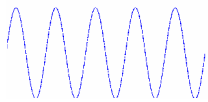
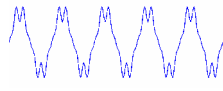
2.2. ABSCHIRMUNG VON NETZSTÖRUNGEN

Die USV-Anlage hält je nach Aufbauprinzip und Betriebsart Netzstörungen von empfindlichen Verbrauchern fern. Zusätzlich zum Ausfall oder dem Unterbruch der Netzversorgung sind folgende Netzstörungen möglich, die durch eine USV-Anlage abgeschirmt werden können:

Netzstörungen		Mögliche Ursachen
	Netzunterbruch, Netzeinbruch	Unwetter Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse
	Über-, Unterspannung	Über- und Unterbelastung des Netzes
	Spannungsschwankungen	Grosse Laständerungen
	Frequenzschwankungen	Selten im europäischen UCTE-Netz. Möglich im Inselbetrieb (z.B. beim Einsatz von Netzersatzanlagen)
	Spannungsverzerrungen	Oberwellen durch Gleich- und Wechselrichter Getaktete Netzteile
	Spannungsspitzen	Blitzeinschläge Gleich und Wechselrichter Kurzschlüsse

2.3. REDUKTION VON NETZRÜCKWIRKUNGEN

Mit dem Einsatz von USV-Anlagen werden je nach Aufbauprinzip die durch nichtlineare Verbraucher erzeugten Ströme vom versorgenden Netz entkoppelt. Die Netzurückwirkungen nichtlinearer Lasten können durch vorgeschaltete USV-Anlagen weitgehend unabhängig von der Art der Last reduziert werden. Dabei ist zu beachten, dass die USV-Anlage, abhängig vom Aufbau und der Funktionsweise, selber Oberschwingungsströme verursachen kann.

Netzstrom	USV-Anlage ←	Verbraucherstrom
		

Stromverläufe am Eingang und Ausgang einer USV-Anlage mit Aktivfilterfunktion

Die Aufgabe der USV-Anlagen zur Reduktion von Netzurückwirkungen verliert zukünftig an Bedeutung, da die elektronischen Geräte als Hauptverursacher von nichtlinearen Lasten zunehmend leistungsfaktorkompensiert werden.

2.4. ERFÜLLUNGSGRAD DER AUFGABEN

Die drei Funktionen einer USV-Anlage müssen nicht für jeden Verbraucher im gleichen Masse erfüllt werden. Der Erfüllungsgrad ist abhängig von der Qualität und den Anforderungen des versorgenden Netzes sowie von den zu versorgenden Verbrauchern.

Durch eine differenzierte Betrachtung der Qualität und der Anforderungen des versorgenden Netzes sowie der Qualität und den Anforderungen der Verbraucher kann festgelegt werden, welche Funktionen die USV-Anlage für einzelne Gruppen von Verbrauchern erfüllen muss. Diese Differenzierung ermöglicht es, eine USV-Anlage anwendungsspezifisch auszuwählen und zu betreiben.

Die vom Anwender geforderte Qualität soll dabei mit einem minimalen Aufwand bezüglich

- Investitions-, Betriebs-, Wartungskosten,
- Energieverlusten,
- Reduktion der Lärmbelastung und
- Platzbedarf

erreicht werden.

2.5. VERGLEICHBARKEIT VON USV-ANLAGEN

2.5.1. Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen

Je nach angewandter Technologie unterscheiden sich die USV-Anlagen bezüglich der Qualität als Verbraucher und als Versorgungsanlage sowie dem Wirkungsgrad beträchtlich und verursachen damit höhere oder niedrigere Energieverluste. Aufgrund der unterschiedlichen Angaben der Hersteller ist es für Planer und Bauherren oftmals schwierig, aussagekräftige Vergleiche der angebotenen Produkte insbesondere betreffend Energieverbrauch anzustellen. Genaue, klar definierte und vergleichbare Informationen über die Qualitätsmerkmale einer USV-Anlage sind deshalb unerlässlich.

Die Grundlagen für den Vergleich von USV-Anlagen sind im Bericht „Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen“ (Anhang 1) beschrieben. Darin werden die Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen aufgeführt und jeweils beurteilt, ob diese bezüglich dem Energieverbrauch und/oder der Qualität relevant sind. Die Qualitätskriterien werden unterteilt in die prozessorientierten Qualitätsmerkmale, welche die Funktionen der USV-Anlage bestimmen, und in die weiteren Qualitätsmerkmale, welche die Verfügbarkeit einer USV-Anlage bestimmen.

2.5.2. Kopplung der qualitäts- und energierelevanten Kriterien

Zwischen der prozessorientierten Qualität einer USV-Anlage und den Energieverlusten im Normalbetriebszustand besteht ein Zusammenhang. Der Aufbau, die Betriebsart und die Batteriebewirtschaftung der USV-Anlage bestimmen die prozessorientierte Qualität, die erreicht wird, und auch die Verluste, die auftreten.

Für den Anwender heisst dies, dass er abhängig von seinen Qualitätsanforderungen den Einsatz der USV-Anlage bestimmen und damit auch Einfluss auf die Verluste nehmen kann.

Ein bewusster, auf die notwendige, prozessorientierte Qualität abgestimmter Einsatz der USV-Anlage, gewährleistet dem Anwender, dass die USV-Anlage lediglich die für seine Anwendung erforderlichen Komponenten enthält und dass er die Anlage auch optimal betreibt. Dadurch können die Investitionskosten reduziert und auch die Energieverluste im Normalbetriebszustand minimiert werden.

Als Hilfsmittel zur Beurteilung und zum Vergleich von USV-Anlagen bezüglich der Anlagenwahl und der Betriebsart dient die Qualitäts-/Energiematrix (Anhang 2).

3. VERSORGENDES NETZ

3.1. NETZQUALITÄT

Für die elektrischen Verbraucher ist es von Interesse, wie oft und wie stark das versorgende Netz vom Normalfall abweichen kann. Dabei muss ermittelt werden, wie weit Ausfälle oder Unterbrüche in der Netzversorgung und wie weit Netzstörungen auftreten können.

Mit der „Checkliste zum versorgenden Netz“ (Anhang 3, Teil 1) kann die Qualität des versorgenden Netzes ermittelt werden. Die Berücksichtigung der Störungsstatistiken des Netzbetreibers kann dabei hilfreich sein. Für das versorgende Netz ist eine allfällige interne Verteilung bis zum Anschlusspunkt der USV-Anlage, resp. der Verbraucher mitzubetrachten.

Als zusätzliche Angabe zum versorgenden Netz muss die Netzkurzschlussleistung S_{KV} am Anschlusspunkt der Verbraucher bekannt sein, bzw. bestimmt werden.

3.2. ANFORDERUNGEN DES VERSORGENDEN NETZES AN DIE VERBRAUCHER

Durch den Einsatz von USV-Anlagen werden je nach Aufbauprinzip die Netzzrückwirkungen der Verbraucher auf das versorgende Netz reduziert oder erhöht, d.h. von den Verbrauchern können der Leistungsfaktor λ korrigiert und die Stromüberschwingungen am Anschlusspunkt reduziert werden.

In der „Checkliste zum versorgenden Netz“ (Anhang 3, Teil 2) sind Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher festzuhalten.

Der minimale Leistungsfaktor λ oder häufiger der $\cos \varphi$ wird vom Netzbetreiber definiert.

Die maximalen Stromüberschwingungen am Anschlusspunkt sind gemäss der Empfehlung des Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE-Empfehlung 2.72d-97) zu bestimmen. Die Herleitung der Emissionsgrenzwerte für die einzelnen Oberschwingungsströme I_v und für die Gesamtheit aller Oberschwingungsströme $THDi_A$ kann gemäss Anhang 3 erfolgen. Die Berechnung der Emissionsgrenzwerte der Stromüberschwingungen kann erst erfolgen, nachdem die Anschlussleistung der Verbraucher S_A ermittelt wurde (Kap. 4.2; Anhang 4, Teil 2).

Hinweis: Ist die Netzkurzschlussleistung S_{KV} am Anschlusspunkt viel grösser als die Anschlussleistung der Verbraucher S_A ($S_{KV} / S_A \geq 150$ beim Niederspannungsnetz), so ist keine Überprüfung der Stromüberschwingungen notwendig.

4. VERBRAUCHER

4.1. ANFORDERUNGEN DER VERBRAUCHER AN DAS VERSORGENDE NETZ

Die elektrischen Verbraucher reagieren unterschiedlich auf die möglichen Netzstörungen. In der „Checkliste der Verbraucher“ (Anhang 4, Teil 1) sollen die Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz bezüglich den Netzstörungen erfasst werden.

Verbraucher, die ab einer USV-Anlage versorgt werden sollen, werden in der Checkliste der Verbraucher erfasst. Zusätzlich zur Leistungsangabe sind Angaben über die Verträglichkeit gegenüber Netzstörungen zu machen. Im weiteren ist anzugeben, ob ein Betriebsausfall des jeweiligen Verbrauchers erlaubt ist und wenn ja, für wie lange.

Die Verträglichkeit der Verbraucher gegenüber den Netzstörungen ist als Ja/Nein-Kriterium zu beurteilen. Dabei gelten folgende Kriterien für die Erfüllung der Verträglichkeit gegenüber den einzelnen Netzstörungen:

- Ein Spannungsunterbruch bis 20 ms muss ohne Störung der Funktion überstanden werden.
- Abweichungen von der Nennspannung bis $\pm 10\%$, der Nennfrequenz bis $\pm 4\%$ sowie bis 8% Spannungsverzerrung müssen ohne Störung der Funktionen des Verbrauchers überstanden werden.
- Schnelle und energiereiche Transiente bis $4 \text{ kV}_{\text{peak}}$ müssen ohne nachhaltige Störung der Funktion überstanden werden, d.h. der Verbraucher kann durch die Transienten bemerkbar gestört werden, der fehlerfreie Zustand wird jedoch nach der Störeinwirkung wieder selbständig hergestellt.

Die Auswertung der Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz zusammen mit der Qualität des versorgenden Netzes führt zur Kategorisierung der Verbraucher gemäss der Beschreibung in Kapitel 5.1.1.

Bei der Erfassung der Verbraucher sollen Erfahrungswerte den Werten aus den Datenblättern vorgezogen werden, da die Erfahrungswerte wesentlich zur Optimierung des Einsatzes der USV-Anlage beitragen.

Im folgenden werden einige Beispiele zu den Anforderungen der Verbraucher aufgeführt.

Ein Grossteil der Personalcomputer, Arbeitsstationen, EDV-Netzwerke und der Geräte mit getakteten Netzgeräten überstehen einen Spannungsunterbruch von 20 ms ohne Funktionsstörung und sind auch gegenüber den anderen Netzstörungen in den aufgeführten Bereichen immun. Das heisst z.B. für einen entsprechend ausgerüsteten Datenbank-Server, dass bei einem Spannungsunterbruch von 20 ms kein Datenverlust erfolgt, da das Netzgerät des Servers in der Lage ist, diesen Unterbruch intern zu überbrücken.

Im Gegensatz dazu führt bei Hochdruckleuchten oder teilweise bei Steuerungen mit Relais in Selbsthaltung ein Spannungsunterbruch von 20 ms dazu, dass sich das Gerät abschaltet und allenfalls erst nach einigen Minuten wieder gestartet werden kann.

Bei Anlagen mit eigener Energiespeicherkapazität, wie z.B. bei Klima- und Kälteanlagen in einem Gebäude ist häufig ein Betriebsausfall von mehreren Minuten erlaubt. Im Gegen-

satz dazu gilt dies nicht für die Klimatisierung des USV- und eines allfälligen Batterieraumes, da für den Betrieb der USV-Anlage und der Batterien die für eine einwandfreie Funktion der Anlagen erforderlichen Umgebungsbedingungen gewährleistet sein müssen und dies besonders bei einem Netzausfall.

4.2. QUALITÄT DER VERBRAUCHER

Mit der Qualität der Verbraucher wird erfasst, welche Netzzrückwirkungen die Verbraucher ins versorgende Netz einspeisen. Von Interesse sind dabei der Leistungsfaktor und die Stromüberschwingungen, da diese Netzzrückwirkungen durch USV-Anlagen reduziert werden können.

Mit der „Checkliste der Verbraucher“ (Anhang 4, Teil 2) kann diese Qualität der Verbraucher erfasst werden.

Von den einzelnen Verbrauchern wird unter Berücksichtigung des jeweiligen Gleichzeitigkeitsfaktors und des Leistungsfaktors die Wirk- und Blindleistung bestimmt. Aus der Summe aller Wirk- und Blindleistungen wird der Leistungsfaktor aller Verbraucher sowie die gesamte Anschlussleistung der Verbraucher S_A ermittelt. Die Erhebung der Wirk- und Blindleistung der einzelnen Verbraucher ist ein Basiskriterium für die Dimensionierung einer USV-Anlage und somit zwingend vorzunehmen.

Zur Erhebung der Überschwingungsströme der einzelnen Verbraucher fehlen häufig die Angaben der Hersteller, daher wird die Bestimmung dieser Netzzrückwirkungen der Verbraucher für die Optimierung des Einsatzes von USV-Anlagen als optionales Kriterium betrachtet. Falls der Grossteil der Verbraucher ein nichtlineares Verhalten aufweist (z.B.: getaktete Netzgeräte, Fluoreszenzlampen), ist eine Beurteilung der Qualität der Verbraucher bezüglich den Stromüberschwingungen trotzdem zu empfehlen.

Die Beurteilung der Stromüberschwingungen der Verbraucher erfolgt gemäss der VSE-Empfehlung 2.72d-97. Das Vorgehen zur Ermittlung des dazu notwendigen Überschwingungslastanteil aller Verbraucher ist im Beiblatt B der VSE-Empfehlung (Anhang 5) beschrieben.

Die Beurteilung der Stromüberschwingungen aller Verbraucher ist abhängig vom versorgenden Netz und wird im Kapitel 5.1 „Vergleich des versorgenden Netzes mit den Verbrauchern“ erläutert.

5. ANFORDERUNG AN DIE USV-ANLAGE

5.1. VERGLEICH DES VERSORGENDEN NETZES MIT DEN VERBRAUCHERN

5.1.1. Kategorisierung der Verbraucher

Die erfassten Verbraucher müssen abhängig von den Anforderungen an das versorgende Netz kategorisiert werden. Dabei werden drei Kategorien gebildet.

Kategorie 1: **Versorgung ab Netz**

Die Verbraucher sollen direkt am Netz ohne USV-Anlage betrieben werden.

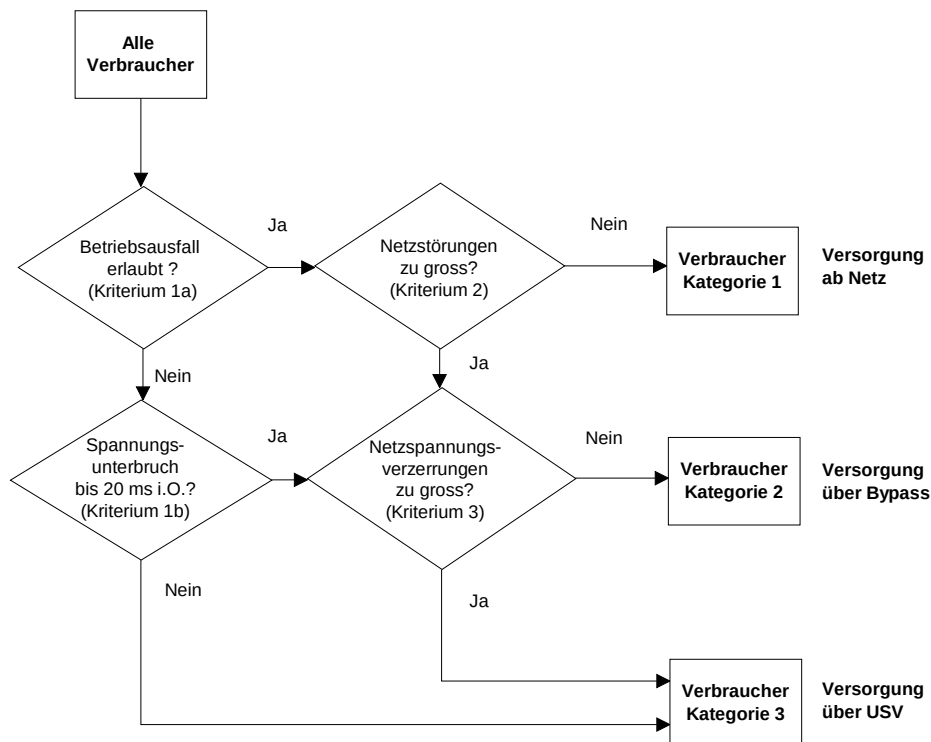
Kategorie 2: **Versorgung über Bypass**

Die Verbraucher müssen über eine USV-Anlage versorgt werden. Im Normalbetrieb erfolgt die Versorgung über den Bypass. Bei einer Netzstörung wird die Versorgung mit einem Spannungsunterbruch von max. 20 ms auf den USV-Pfad umgeschaltet. Die Verbraucher überstehen diesen Spannungsunterbruch ohne Betriebsstörung und die Funktionen der Verbraucher bleiben gewährleistet.

Kategorie 3: **Versorgung über USV**

Die Verbraucher müssen über den USV-Pfad der Anlage versorgt werden.

Die Zuordnung der Verbraucher in die drei Kategorien erfolgt in mehreren Schritten gemäss folgendem Ablauf.



Ablauf der Verbraucherkategorisierung

1. Schritt der Verbraucherkategorisierung

- Verbraucher bei denen ein Betriebsausfall erlaubt ist, werden der Kategorie 1 zugeordnet (Kriterium 1a)
- Verbraucher bei denen kein Betriebsausfall erlaubt ist, die aber einen Spannungsunterbruch bis 20 ms ohne Betriebs- oder Funktionsstörung ertragen, werden der Kategorie 2 zugeordnet (Kriterium 1b).
- Alle anderen Verbraucher werden der Kategorie 3 zugeordnet.

2. Schritt der Verbraucherkategorisierung

- Verbraucher der Kategorie 1, bei denen die möglichen Netzstörungen des versorgenden Netzes ausserhalb der Bandbreite der verträglichen Netzstörungen liegen und durch diese beschädigt werden können, werden der Kategorie 2 zugeordnet. Diese Änderung der Kategorisierung wird auch vorgenommen, wenn die Verbraucher durch die Netzstörungen in ihrer Funktion beeinträchtigt werden, ohne dass es zu einer Abschaltung des jeweiligen Verbrauchers kommt. Netzstörungen, die ausserhalb den in der Checkliste der Verbrauchten aufgeführten Bandbreiten liegen, können in einem Industrienetz oder im Inselbetrieb auftreten (Kriterium 2).

3. Schritt der Verbraucherkategorisierung

- Verbraucher der Kategorie 2, bei denen die mögliche Spannungsverzerrung des versorgenden Netzes ausserhalb der Bandbreite der verträglichen Spannungsverzerrung liegt, werden der Kategorie 3 zugeordnet. Hohe Spannungsverzerrungen können in Industrienetzen auftreten (Kriterium 3).

5.1.2. Beispiel zur Verbraucherkategorisierung

Als Beispiel werden im folgenden die Verbraucher eines Bürogebäudes kategorisiert. Ausgehend von der Versorgung ab einem städtischen Mittelspannungsnetz kann die Kategorisierung basierend auf den Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz vorgenommen werden. Bezüglich der Versorgungssicherheit wird davon ausgegangen, dass bei einem Netzausfall nach 10 Minuten die Versorgung wieder gewährleistet ist, sei dies durch die Netzwiederkehr oder durch eine Gebäude eigene Notstromanlage.

Auf Leistungsangaben der Verbraucher werden beim Beispiel verzichtet, da die Kategorisierung unabhängig von der Verbraucherleistung erfolgt. Die aufgeführten Verbraucher im Beispiel beinhalten gesamte Verbrauchergruppen, bei einer konkreten Anwendung der Checkliste sollen die Verbraucher jedoch möglichst detailliert erfasst werden.

Aus der Verbraucherkategorisierung im Beispiel (untenstehende Checkliste) geht hervor, dass sämtliche Verbraucher der Kategorie 1 (Versorgung ab Netz) oder der Kategorie 2 (Versorgung über Bypass) zugeordnet werden können. Somit können sämtliche Verbraucher, welche an die USV-Anlage angeschlossen werden, im Normalbetrieb über den Bypass versorgt werden. Die Steuerung der USV-Anlage muss bei einem allfälligen Inselbetrieb mit Versorgung ab der Notstromanlage auf Betrieb über den USV-Pfad umschalten, da die Qualität des versorgenden Netzes beim Inselbetrieb mit der Notstromanlage nicht derjenigen entspricht, welche für die Verbraucherkategorisierung berücksichtigt wurde.

Teil 1: Anforderung der Verbraucher an das versorgende Netz

Verbraucher	Ref.-Nr.	Leistung (VA)	Verträgliche Netzstörungen der Verbraucher (Ja/Nein-Kriterium)						Betriebsausfall ja / nein Dauer in Minuten	Verbraucher Kategorie ? (1, 2 od. 3)
			Spannungs- unterbruch bis 20 ms ?	Spannungs- schwankung bis +/- 10 %	Frequenz- schwankung bis +4 / -6 %	Spannungs- verzerrung bis 8 %	Schnelle Transiente bis 4 kV _{peak}	Energieriche Transiente bis 4 kV _{peak}		
Beleuchtung			teilw.	ja	ja	ja	ja	ja	ja, 10 Min.	1
Notbeleuchtung			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Kälteanlagen			ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja, 15 Min.	1
Kälteanlagensteuerung			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Klimaanlagen Gebäude			ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja, 15 Min.	1
Klimaanlagensteuerung			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Klimaanlage USV- und Batterieraum			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Personalcomputer			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
EDV-Netzwerk inkl. Server und Arbeitsstationen			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2

Checkliste der Verbraucher mit Beispielen zur Verbraucherkategorisierung

5.1.3. Beurteilung der Netzurückwirkungen der Verbraucher

Zur Beurteilung der Netzurückwirkungen der Verbraucher werden von den Verbrauchern pro Kategorie die Gesamtleistung S_A , der Leistungsfaktor λ und als Option der Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A bestimmt (Anhang 4, Teil 2).

Die Gesamtleistung S_A dient als Grösse zur Bestimmung der Leistung einer USV-Anlage.

Ist der Leistungsfaktor λ zu niedrig, d.h. ist er kleiner als der geforderten minimale Wert, so sind Massnahmen zur Verbesserung des Leistungsfaktors notwendig.

Bei einer Beurteilung des Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A der Verbraucher muss dieser in Relation zum Verhältnis S_{KV} / S_A gesetzt werden. Aus dem Diagramm im Anhang 5 geht dabei hervor, ob allenfalls Massnahmen notwendig sind oder nicht.

Falls notwendig sind folgende Massnahmen zur Reduktion der Netzurückwirkungen der Verbraucher möglich:

Verbraucher	Massnahmen wenn	
	Leistungsfaktor λ zu gering	Oberschwingungslastanteil zu hoch
Kategorie 1: Versorgung ab Netz	- Einsatz alternativer Verbraucher - Filter - Blindleistungskompensation	- Einsatz alternativer Verbraucher - Filter

Verbraucher	Massnahmen wenn	
	Leistungsfaktor λ zu gering	Oberschwingungslastanteil zu hoch
Kategorie 2: Versorgung über Bypass	- Einsatz alternativer Verbraucher - Ausgewählte Verbraucher der Kategorie 3 zuordnen - Filter - Blindleistungskompensation	- Einsatz alternativer Verbraucher - Ausgewählte Verbraucher der Kategorie 3 zuordnen - Filter
Kategorie 3: Versorgung über USV	- Abschirmung durch Gleichstromkreis der USV-Anlage *) - Leistungsfaktorkorrektur durch USV-Anlage - Aktivfilterfunktion der USV-Anlage	- Abschirmung durch Gleichstromkreis der USV-Anlage *) - Aktivfilterfunktion der USV-Anlage

***) Die USV-Anlage selbst muss die Anforderungen des versorgenden Netzes bezüglich der Netzurückwirkungen ebenfalls erfüllen.**

5.2. SPEZIFIKATION DER USV-ANLAGE

Ausgehend von den kategorisierten Verbrauchern werden die Anforderungen an die USV-Anlagen festgelegt.

Die Verbraucher der Kategorie 1 sind nicht USV-berechtigt und müssen für die Spezifikation der USV-Anlage nicht weiter berücksichtigt werden. Durch das Ausscheiden der Verbraucher der Kategorie 1 kann die erforderliche Leistung der USV-Anlage reduziert werden.

Die Leistung der USV-Anlage wird durch die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 bestimmt. Abhängig von der Aufteilung der Verbraucher in die Kategorien 2 und 3 muss festgelegt werden, ob allenfalls zwei unabhängige USV-Anlagen eingesetzt werden sollen, wobei die eine über den Bypass und die andere über den USV-Pfad betrieben wird.

Ist ein Betrieb über den Bypass vorgesehen, so ist es erforderlich, dass die schnellen und energiereichen Transienten am Eingang der USV-Anlage absorbiert werden, so dass die an die USV-Anlage angeschlossenen Verbraucher auch im Bypass-Betrieb nicht durch Transiente vom versorgenden Netz beschädigt werden können.

Der Ausschreibung der USV-Anlage sind folgende Angaben beizulegen:

- Checkliste des versorgenden Netzes (Anhang 3)
Dem Lieferanten sind Angaben über die möglichen Netzstörungen und die maximal erlaubten Netzzrückwirkungen abzugeben.
- Kriterien für die Umschaltung zwischen Bypass- und USV-Betrieb (Anhang 6)
Sollen die Verbraucher über den Bypass einer USV-Anlage versorgt werden, so müssen die Kriterien für die Umschaltung zwischen dem Bypass- und dem USV-Betrieb definiert werden.
- Qualitäts-/Energiematrix (Anhang 2)
Die Q/E-Matrix ist vom Lieferanten auszufüllen und mit der Offerte abzugeben.
Aus der Q/E-Matrix ist ersichtlich,
 - wie weit genormte Netzstörungen durch die USV-Anlage reduziert werden,
 - welche Netzzrückwirkungen mit genormten Lasten auftreten und
 - wie hoch die Verluste und Wirkungsgrade der USV-Anlage beim Betrieb mit genormten Lasten sind.

Mittels der von den Lieferanten ausgefüllten Q/E-Matrix kann beurteilt werden, ob die offerierte Anlage die Anforderungen an die Abschirmung der Netzstörungen und der Netzzrückwirkungen erfüllt. Im weiteren kann mit der Q/E-Matrix unter Beizug der „Checkliste des versorgenden Netzes“ und den Angaben zu den vertraglichen Netzstörungen der Verbraucher die Auswahl der USV-Anlage bezüglich der Abschirmung der Netzstörungen, der Netzzrückwirkungen und der Wirkungsgrade optimiert werden.

5.3. BETRIEB DER USV-ANLAGE

Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 ab zwei unabhängigen USV-Anlagen versorgt, so wird die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 2 über den Bypass und die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 3 über den USV-Pfad betrieben.

Der Betrieb einer USV-Anlage über den Bypass ist aus Gründen der Verlustminimierung anzustreben. Der Wirkungsgrad einer USV-Anlage liegt im Bypass-Betrieb bei 98 % gegenüber ca. 94 % bei einzelnen Fabrikaten im Betrieb über den USV-Pfad.

USV-Anlagen, die bei ungestörter Netzeinspeisung über den Bypass betrieben werden, müssen im Falle einer Netzstörung automatisch auf den USV-Betrieb umschalten. Die Kriterien für die Umschaltung sind dabei so zu wählen, dass möglichst lange Betrieb über Bypass gefahren werden kann (Anhang 6). Die Rückkehr vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb darf erst nach einer Stabilisierungsphase des versorgenden Netzes erfolgen.

Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 ab einer gemeinsamen USV-Anlage versorgt, so wird die USV-Anlage über den USV-Pfad betrieben. Durch eine detaillierte Betrachtung der Verbraucher der Kategorie 3 bezüglich der erforderlichen Verfügbarkeit muss geklärt werden, ob allenfalls ein Bypass-Betrieb ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten, d.h. in der Nacht oder an den Wochenenden möglich ist.

Die Möglichkeit des zeitweisen Bypass-Betriebes soll auch bei einer USV-Anlage, die ausschliesslich Verbraucher der Kategorie 3 versorgt, geprüft werden.

ANHANG

- Anhang 1: Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen
- Anhang 2: Qualitäts-/Energiamatrix (Q/E-Matrix)
- Anhang 3: Checkliste zum versorgenden Netz
- Anhang 4: Checkliste der Verbraucher
- Anhang 5: Oberschwingungsbeurteilung (Kurzfassung)
(VSE-Empfehlung 2.72d-97; Beiblatt B)
- Anhang 6: Kriterien für die Umschaltung zwischen Bypass- und USV-Betrieb

April 2004

Parameter und Kenngrössen von USV-Anlagen

ausgearbeitet durch

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren des Berichtes verantwortlich.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:
www.electricity-research.ch

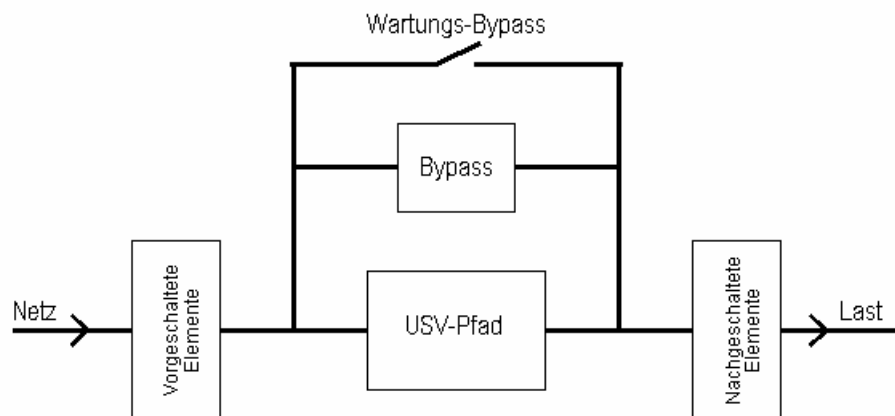
INHALTSVERZEICHNIS

1.	Aufbau der USV-Anlage	1
1.1.	Prinzipieller Aufbau	1
1.2.	Eingesetzte Standardkomponenten	1
1.3.	Zusatzelemente.....	1
1.4.	Ausbaufähigkeit	2
2.	Betriebsarten.....	2
2.1.	Betrieb über USV	2
2.2.	Betrieb über Bypass.....	3
3.	Zuordnung der Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen	4
3.1.	Zusammenstellung der Parameter und Kenngrößen	4
3.2.	Energierelevante Parameter für USV-Anlagen	5
3.3.	Qualitätsrelevante Parameter für USV-Anlagen	5

1. AUFBAU DER USV-ANLAGE

1.1. PRINZIPIELLER AUFBAU

Der prinzipielle Aufbau einer USV-Anlage ist aus folgender Darstellung ersichtlich.



Prinzipieller Aufbau einer USV-Anlage

1.2. EINGESETZTE STANDARDKOMPONENTEN

Als Standardkomponenten werden abhängig vom Typ der USV-Anlage folgende Komponenten eingesetzt:

- Gleichrichter, Hochsetzer (Booster), Wechselrichter bei Anlagen mit Doppelumrichter
- 4-Quadrantenregler mit 2-Weg-Aktivfilter bei Anlagen mit 4-Quadrantenumrichter
- elektronischer Bypass für die Umgehung des USV-Pfades bei einer Störung einzelner Komponenten oder für einen verlustarmen Betrieb
- Wartungs-Bypass zur Umgehung der USV-Anlage bei Wartung

1.3. ZUSATZELEMENTE

Als Zusatzelemente werden abhängig von der jeweiligen Anwendung folgende Komponenten eingesetzt:

- Eingebaute resp. vor- oder nachgeschaltete Passivfilter zur Reduktion von Oberschwingungen
- Eingebaute resp. vor- oder nachgeschaltete Aktivfilter zur Reduktion von Oberschwingungen und zur Korrektur des Leistungsfaktors

- Netz- und/oder lastseitige Transformatoren oder HF-Transformatoren zur Potentialtrennung und zur Reduktion der Oberschwingungen

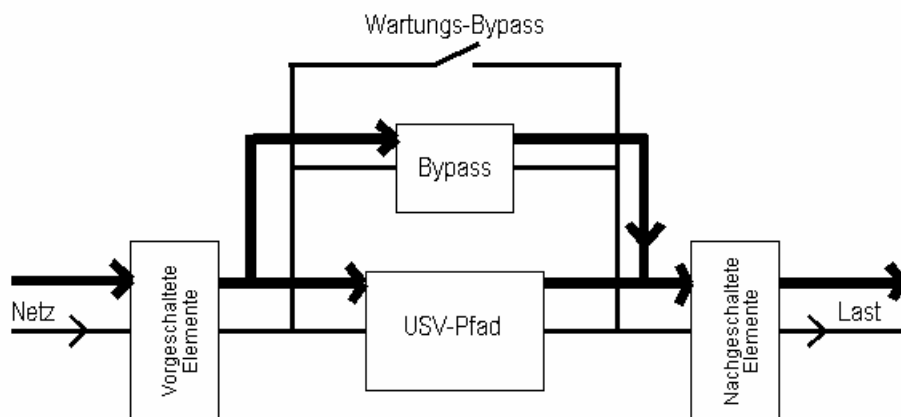
1.4. AUSBAUFÄHIGKEIT

USV-Anlagen sind meistens modular aufbaubar, so dass Erweiterungen mit einer redundanten Anlage oder mit zusätzlichen Anlagen für einen Leistungsausbau möglich sind.

2. BETRIEBSARTEN

2.1. BETRIEB ÜBER USV

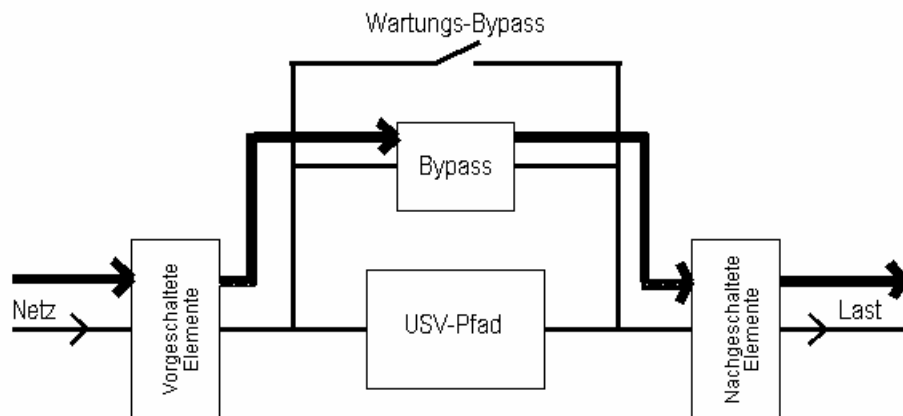
Beim Betrieb über USV fließt die Energie im Normalbetriebszustand über den USV-Pfad, d.h. abhängig von der USV-Anlage über den Gleich- und Wechselrichter resp. über den 4-Quadrantenrichter und allenfalls weitere, sich in diesem Pfad befindliche Komponenten, zum Verbraucher. Die Energieverluste hängen vom Wirkungsgrad dieser Komponenten ab. Unter Betrieb über USV werden die 4 Betriebsarten ‚continuous operation‘ mit und ohne Bypass und ‚line interactive operation‘ mit und ohne Bypass gemäss der Norm EN/IEC 62040-3 verstanden.



Lastfluss bei Betrieb über USV
(Der parallele Lastfluss über den Bypass erfolgt bei Betrieb über USV mit Bypass.)

2.2. BETRIEB ÜBER BYPASS

Beim Betrieb über Bypass fließt die Energie im Normalbetriebszustand über den statischen Bypass zum Verbraucher. Die Energieverluste sind in dieser Betriebsart am kleinsten, sofern die Komponenten, wie Gleich- und Wechselrichter resp. 4-Quadrantenrichter, nicht dauernd eingeschaltet sind. Unter Betrieb über Bypass wird die Betriebsart ‚passiv standby operation‘ gemäss der Norm EN/IEC 62040-3 verstanden.



Lastfluss bei Betrieb über Bypass

3. ZUORDNUNG DER PARAMETER UND KENNGRÖSSEN VON USV-ANLAGEN

3.1. ZUSAMMENSTELLUNG DER PARAMETER UND KENNGRÖSSEN

Die Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen sind in der Liste „Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen: Q/E Zuordnung“ zusammengefasst und in die einzelne Themengruppen Aufbau der USV-Anlage, Betriebsart, Sicherstellung der Stromversorgung, Abschirmung von Netzstörungen, Netzurückwirkungen, Last, Batterie/Batterieladung, Sicherheit, Information und Kosten unterteilt.

In Ergänzung zur Beschreibung des Aufbaus der USV-Anlage (Kap. 1) und der Betriebsarten (Kap. 2) werden einzelne Parameter und Kenngrößen bezüglich der Batterien und Batterieladung erläutert:

- Schwebeladespannung
Bei Betrieb mit Schwebeladespannung wird die Batterie dauernd mit einem kleinen Strom geladen, um die Selbstentladung zu kompensieren. Die Schwebeladespannung muss auf den Batterietyp abgestimmt sein.
- Batterierippelstrom
Der Batterierippelstrom ist ein dem Erhaltungsladestrom in der Schwebeladespannung überlagerter Wechselstrom, der eine Minderung der Gebrauchsdauer und der Betriebseigenschaften der Batterien bewirkt. Der Batterierippelstrom darf einen genormten Maximalwert nicht überschreiten (IEC 60896-2).
- Automatischer Batterietest
Um die Batterie im Notbetrieb zur Verfügung zu haben, muss diese von der Steuerung der USV-Anlage automatisch periodisch getestet werden. Dies ist vor allem im Betrieb über den Bypass sinnvoll.
- Ladestrom
Der Ladestrom muss auf den Batterietyp abgestimmt sein, d.h. er ist abhängig von der Batteriekapazität
- Tiefentladeschutz
Bei Erreichen der Entladeschlussspannung der Batterie wird der Batteriebetrieb beendet.

3.2. ENERGIERELEVANTE PARAMETER FÜR USV-ANLAGEN

Als energierelevante Parameter werden diejenigen betrachtet, die einen bedeutenden Einfluss auf die Energieverluste einer USV-Anlage im Normalbetriebszustand haben. Dabei müssen nicht die einzelnen Parameter selbst energierelevant sein, wie z.B. die Netzurückwirkungen, sondern die Massnahmen, die allenfalls getroffen werden müssen, um diese zu reduzieren. Die Energieverluste, die im Notbetrieb anfallen, werden bei der Zuordnung nicht berücksichtigt, da der Notbetrieb im Vergleich zum Normalbetriebszustand nur selten auftritt.

Die Zuordnung einzelner Parameter und Kenngrößen als energierelevant ist aus der Liste „Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen: Q/E Zuordnung“ ersichtlich.

3.3. QUALITÄTSRELEVANTE PARAMETER FÜR USV-ANLAGEN

Für den Einsatz einer USV-Anlage ist es jeweils relevant, welche prozessorientierten Qualitätskriterien erfüllt sein müssen, da diese die Wahl der USV-Anlage und die Betriebsart bestimmen.

Als prozessorientierte Qualitätskriterien werden die Funktionen der USV-Anlage betrachtet, welche für die Sicherstellung der Stromversorgung, die Abschirmung von Netzstörungen und die Reduktion von Netzurückwirkungen erforderlich sind.

Die Verfügbarkeit einer USV-Anlage wird durch die weiteren qualitätsrelevanten Eigenschaften wie die Störanfälligkeit der Steuerung und der Leistungselektronik sowie der Einfluss der USV-Anlage auf die Lebensdauer der Batterien durch deren Bewirtschaftung bestimmt. Die betrachteten Qualitätskriterien betreffen nicht die Wartung, den Unterhalt, die Information, die Sicherheit, die Batterien usw.

Die Zuordnung der Parameter und Kenngrößen als qualitätsrelevant ist aus der Liste „Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen: Q/E Zuordnung“ ersichtlich.

Die prozessorientierten Qualitätskriterien einer USV-Anlage, wie

- die Sicherstellung der Stromversorgung,
- die Abschirmung von Netzstörungen,
- die Netzurückwirkungen und
- die Last

bestimmen deren Aufbau und Betriebsart und damit die Energieverluste einer USV-Anlage.

Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen Q/E-Zuordnung

Parameter und Kenngrößen von USV-Anlagen	Energie-relevant	Qualitätsrelevant		Zusatz-kriterien
		Prozess-orientiert	Verfüg-barkeit	
Aufbau der USV-Anlage				
Eingesetzte Komponenten (Gleichrichter, Wechselrichter, Hochsetzer (Booster), 4-Quadrantenregler mit 2-Weg-Aktivfilter, elektronischer Bypass, manueller Bypass)	X	X		
Eingebaute resp. vor- oder nachgeschaltete Aktiv- oder Passivfilter	X	X		
Netz- und/oder lastseitige Transformatoren oder HF-Transformatoren zur Potentialtrennung und zur Reduktion der Oberschwingungen	X	X		X
Modularität (Erweiterbar für Redundanz oder Leistungsausbau)	X	X	X	X
Betriebsart				
Betrieb über USV	X	X		
Betrieb über Bypass	X	X		
Sicherstellung der Stromversorgung				
Verhalten bei kurzzeitigem Netzausfall		X		
Verhalten bei Netzausfall verursacht durch Unterbruch		X		
Verhalten bei Netzausfall verursacht durch Kurzschluss		X		
Verhalten bei einphasigem Netzausfall		X		
Verhalten bei langsamem Netzausfall (brown-out)		X		
Verhalten bei Netzausfall ohne Batterie (Batterie defekt)		X	X	
Verhalten bei Umschaltung in den Bypassbetrieb		X	X	
Verhalten bei Rückschaltung in den USV-betrieb		X	X	
Verhalten bei Fehlfunktionen der USV-Anlage		X	X	
Abschirmung von Netzstörungen				
Verhalten bei Spannungsschwankungen im Netz	X	X		
Verhalten bei Spannungsverzerrungen im Netz (Oberschwingungen)	X	X		
Verhalten bei schnellen Transienten	X	X	X	
Verhalten bei energiereichen Transienten (verursacht durch Schalthandlungen oder Blitzeinwirkungen)	X	X	X	
Verhalten bei Frequenzschwankungen im Netz (Frequenzschwankungen sind im europäischen Verbundnetz sehr gering. Sie können im Betrieb von Inselnetzen oder im Betrieb mit Netzersatzanlagen relevant sein.)	X	X		

Parameter und Kenngrössen von USV-Anlagen Q/E-Zuordnung

Parameter und Kenngrössen für USV-Anlagen	Energie-relevant	Qualitätsrelevant		Zusatz-kriterien
		Prozess-orientiert	Verfüg-barkeit	
Netzrückwirkungen				
Klirrfaktor im Normalbetrieb	X	X		
Spektrum des Eingangsstromes	X	X		
Verhalten beim Einschalten	X	X		
Absorption der Rundsteuersignale	X	X		
Phasenverschiebung (cosphi)	X	X		
Leistungsfaktor (λ)	X	X		
Verhalten beim Übergang von Batterie- zu Netzbetrieb		X		
Last				
Maximale Wirk- und Blindleistung	X			
Lastabhängige Verlustleistung	X			
Verhalten bei Überlast	X	X		X
Verhalten bei Kurzschluss		X		X
Verhalten bei nichtlinearer Last	X	X		
Verhalten bei dynamischen Lastsprüngen		X		
Verhalten bei unsymmetrischer Belastung mit linearer und nichtlinearer Last	X	X		
Batterien / Batterieladung				
Dauer der Batterieautonomie (Kapazität)	X			X
Schwebeladespannung			X	X
Batterierippelstrom			X	X
Ladestrom			X	X
Automatischer Batterietest			X	X
Tieftentladeschutz			X	X
Maximale Anzahl Lade- und Entladungsszyklen				X
Wartungsaufwand				X
Sicherheit				
Personensicherheit				X
Anlagensicherheit			X	
Schutz vor Fehlmanipulation und unberechtigter Manipulation			X	
Immunität gegen elektrostatische Entladungen			X	
Information				
Statusanzeige vor Ort				X
Schnittstelle zur Signalweiterleitung und Fernbedienung				X
Kosten				
Investitionskosten (USV-Anlage, Sekundäranlagen wie Belüftung und Kühlung)				X
Betriebskosten (Bedienungs- und Überwachungsaufwand, Übertragungsverluste sowie notwendige Belüftung und Kühlung)				X
Wartungskosten				X

April 2004

Qualitäts- / Energiematrix

ausgearbeitet durch

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren des Berichtes verantwortlich.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:

www.electricity-research.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
2. Aufbau der Q/E-Matrix	1
2.1. Definition der USV-Anlage	1
2.2. Angaben über die Störungsbehebung	2
2.3. Angaben über die Netzurückwirkungen im Normalbetrieb	2
2.4. Angaben über die Verluste und den Wirkungsgrad	3

1. EINLEITUNG

Die Qualitäts-/Energiamatrix (Q/E-Matrix) stellt den Zusammenhang zwischen den prozessorientierten Qualitätskriterien und den energierelevanten Parametern dar.

Die Q/E-Matrix dient dem Planer zur Bestimmung der für die jeweilige Anwendung optimalen USV-Anlage. Dabei soll wie folgt vorgegangen werden:

- Die prozessorientierte Qualitätsanforderungen, wie die Sicherstellung der Stromversorgung, die Abschirmung von Netzstörungen, die Reduktion von Netzrückwirkungen und das Verhalten bei verschiedenen Lasten und Netzbedingungen müssen festgelegt werden.
- Mittels Vergleich der Q/E-Matrix von verschiedenen USV-Anlagen kann die optimale USV-Anlage für die geforderte, prozessorientierte Qualität bestimmt werden.
- Weiter dient die Q/E-Matrix dazu, die optimale Betriebsart der gewählten USV-Anlage zu bestimmen. Dabei ist auch eine Betriebsartenwahl möglich, die auf die Produktionszeiten des jeweiligen Betriebes abgestimmt ist.

2. AUFBAU DER Q/E-MATRIX

Die Q/E-Matrix besteht aus vier Teilen. Als Grundlage zur Ermittlung der Werte der Q/E-Matrix gilt das „Messverfahren für USV-Anlagen“.

2.1. DEFINITION DER USV-ANLAGE

Nebst der USV-Typenbezeichnung und der Angabe über den Hersteller werden die Nennwirkleistung (P_{Nenn}) und die Nennscheinleistung (S_{Nenn}) angegeben.

Dabei gilt folgende Definition:

P_{Nenn} entspricht der maximalen Dauerausgangswirkleistung bei linearer, ohmscher Belastung.

S_{Nenn} entspricht der maximalen Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss EN/IEC 62040-3.

2.2. ANGABEN ÜBER DIE STÖRUNGSBEHEBUNG

Die Q/E-Matrix macht Angaben über die Störungsbehebung am Ausgang bei Netzstörungen am Eingang.

Die Netzstörung "Frequenzschwankung" tritt im europäischen Verbundnetz (UCTE-Netz) sehr eingeschränkt auf und ist daher als Netzstörungen kaum relevant. Relevante Frequenzschwankungen können im Inselbetrieb und im Betrieb mit Netzersatzanlagen vorkommen. Die Ausregelung der Frequenzschwankungen durch die USV-Anlage und ein allfälliges Resonanzverhalten muss dabei jeweils anlagenspezifisch untersucht werden.

Das Verhalten der USV-Anlage bei Netzstörungen wird mit der 50 %-igen, linearen, ohmschen Last ausgemessen. Als Last werden jeweils 3 Einphasenlasten mit Nulleiter verwendet.

Das Verhalten der USV-Anlage bei Spannungsspitzen am Eingang wird bei USV-Anlagen mit einer Leistung grösser als 20 kVA mit einer Belastung von maximal 16 A pro Phase gemessen.

Eine USV-Anlage hat die Netzstörung ausreichend behoben, wenn beim Auftreten der Netzstörungen die Spannung am Ausgang innerhalb dem Toleranzband für den Normalfall gemäss EN 50160 bleibt (230 V +/- 10 %; 50 Hz +/- 1.0 %).

2.3. ANGABEN ÜBER DIE NETZRÜCKWIRKUNGEN IM NORMALBETRIEB

Die Netzurückwirkungen werden mit folgenden Lasten gemessen:

- a) 100 %, lineare, ohmsche Last (P_{Nenn})
- b) 100 %, nichtlineare Last gemäss EN/IEC 62040-3 (S_{Nenn})
- c) Maximaler Ausgangsstrom; Der jeweilige Leistungsfaktor λ der Ausgangsleistung ist dabei anzugeben.
- d) 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrische, nichtlineare Last gemäss EN/IEC 62040-3

Die Netzurückwirkungen werden mittels den Messgrössen

- Leistungsfaktor λ der Eingangsleistung und dem
- Klirrfaktor des Eingangsstromes

in der Q/E-Matrix angegeben.

Diese Messgrössen werden mit den Spektren des Eingangsstromes zu den einzelnen Messungen ergänzt.

2.4. ANGABEN ÜBER DIE VERLUSTE UND DEN WIRKUNGSGRAD

Die Energieverluste und der Wirkungsgrad werden mit den selben Lastarten wie die Netzurückwirkungen bestimmt. Zusätzlich werden die Energieverluste im Standby-Modus erfasst.

Die Verluste werden bei 50 %, 75 % und 100 % Last gemessen. Bei der Messung mit dem maximalen Ausgangsstrom erfolgt die Messung lediglich mit 100 % Last. Bei der Messung mit asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3 erfolgt die Messung mit einer Gesamtlast von 50 %.

Der Standby-Modus entspricht dem Leerlauf der USV-Anlage, d.h. einem Betrieb mit 0 % Last. Dabei steht am Ausgang die Nennspannung an ($U_A = 230 \text{ V}$) und der Ausgangsstrom I_A beträgt 0 A, d.h. es ist keine Last angeschlossen. Der Standby-Modus ist bei beiden Betriebsarten „Betrieb über USV“ und „Betrieb über Bypass“ möglich.

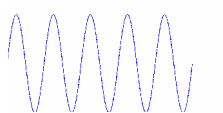
Die Messung der Verluste umfasst die USV-Anlage sowie die vor- und nachgeschalteten Komponenten bei einer Umgebungstemperatur von 25° C. Nicht berücksichtigt wird die Energie, welche notwendig ist, um diese Umgebungsbedingungen aufrecht zu erhalten, d.h. die gebäudeabhängige Raumkonditionierung wird nicht betrachtet.

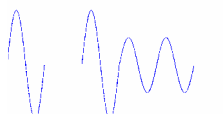
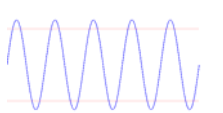
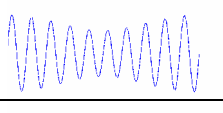
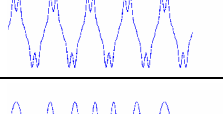
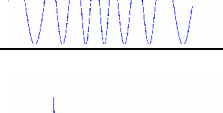
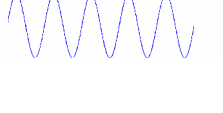
Einsatz von USV-Anlagen

Q/E-Matrix

USV - Typ:	Nennwirkleistung (P_{Nenn}):
Hersteller:	Nennscheinleistung (S_{Nenn}):

Netzspannung im Normalfall (U_{NORM} gemäss EN 50160)

	Spannung Frequenz	230 V +/- 10 % 50 Hz +/- 1.0 %
---	----------------------	-----------------------------------

Netzstörungen (Eingang)		Störungsbehebung (Ausgang)			
Art der Störung (Messverfahren) Bereich		Normalbetrieb über USV		Normalbetrieb über Bypass (vor der Netzstörung)	
		U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}	U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}
	Netzausfall (Kap. 2) $t_{\text{UE}} > 1 \text{ s}$	ja/nein		ja/nein	
	Netzunterbruch, Netzeinbruch (Kap. 4.1, 4.5 – 4.7) $t_{\text{UE}} < 1 \text{ s}$	ja/nein		ja/nein	
	Über-, Unterspannung (Kap. 3.1 – 3.4) $\Delta U_E = \pm 10 \%$ $\Delta U_E = \pm 25 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsschwankungen (Kap. 4.1 – 4.4) $\Delta U_E = -30 \%$ $\Delta U_E = -60 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsverzerrungen (Kap. 5) Störpegel der Klasse 3 Gemäss IEC 61000-4-13	ja/nein		ja/nein	
	Frequenzschwankungen (Kap. 3.1; 3.5 – 3.7) $\Delta f_{\text{ESprung}} = \pm 10 \%$ $\Delta f_{\text{Ekont}} = \pm 10 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsspitzen (Kap. 6 & 7) schnelle Transiente gemäss IEC 61000-4-4	ja/nein		ja/nein	
	energiereiche Transiente gemäss IEC 61000-4-5	ja/nein		ja/nein	

Legende:

U_{NORM} Normspannung gemäss EN 50160
(230 V +/- 10 %; 50 Hz +/- 1.0 %)

P_{Nenn} Max. Dauerausgangswirkleistung
bei linearer, ohmscher Belastung

S_{Nenn} Max. Dauerausgangsscheinleistung
bei nichtlinearer Belastung gemäss EN/IEC 62040-3

Last:

50 %, lineare, ohmsche Last
Die Messung der Spannungsspitzen erfolgt bei 50 %, linearer,
ohmscher Last oder bei einer Belastung von max. 16 A / Phase
bei USV-Anlagen mit einer Leistung grösser als 20 kVA

Einsatz von USV-Anlagen

Q/E-Matrix

Netzurückwirkungen im Normalbetrieb am Eingang bei 230 V

(Messverfahren Kap. 9)

Betrieb über USV			Lasten am Ausgang
Leistungsfaktor	Klirrfaktor des Eingangsstromes	Stromspektrum Referenznummer	
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % linearer, ohmscher Last (P_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3 (S_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda =$)
$\lambda =$	$k =$ %		bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3
Betrieb über Bypass			Lasten am Ausgang
Leistungsfaktor	Klirrfaktor des Eingangsstromes	Stromspektrum Referenznummer	
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % linearer, ohmscher Last (P_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3 (S_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda =$)
$\lambda =$	$k =$ %		bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3

Verluste und Wirkungsgrade im Normalbetrieb

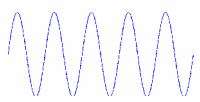
(Eingangsspannung $U_E = 230 \text{ V} \pm 10 \%$)

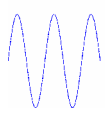
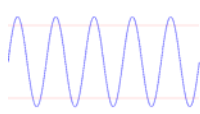
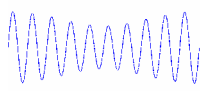
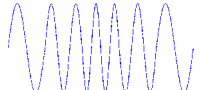
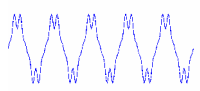
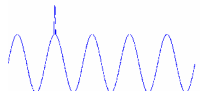
(Messverfahren Kap. 10)

Betrieb über USV								
Leistung	Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über USV mit							
	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3		max. Ausgangsstrom ($\lambda =$)		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss EN/IEC 62040-3	
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%
75 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby-Verluste: W bei $U_A = 230 \text{ V}$ und $I_A = 0 \text{ A}$								
Betrieb über Bypass								
Leistung	Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über Bypass mit							
	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3		max. Ausgangsstrom ($\lambda =$)		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss EN/IEC 62040-3	
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%
75 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby-Verluste: W bei $U_A = 230 \text{ V}$ und $I_A = 0 \text{ A}$								

Checkliste zum versorgenden Netz

Teil 1: Qualität des versorgenden Netzes

Netzspannung im Normalfall (gemäss EN 50160)		
	Während 95 % der Zeit: Spannung 230 V +/- 10 % Frequenz 50 Hz +/- 1 % Während 100 % der Zeit: Frequenz 50 Hz + 4 /- 6 %	☐ Netzspannung im Normalfall gemäss EN 50160 erfüllt

Netzstörungen		
	Art der Störung Mögliche Ursachen	Beurteilung Eintretenswahrscheinlichkeit; Grösse der Netzstörung
	Netzausfall Unwetter Transformator-, Generatorausfälle	Jederzeit möglich
	Netzunterbruch, Netzeinbruch Unwetter, Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse	Jederzeit möglich
	Über-, Unterspannung Über- und Unterbelastung des Netzes	☐ häufig $\Delta U =$ ☐ selten $\Delta U =$ ☐ nie
	Spannungsschwankungen Grosse Laständerungen	☐ häufig $\Delta U =$ ☐ selten $\Delta U =$ ☐ nie
	Frequenzschwankungen Selten im europäischen UCPTE-Netz Möglich im Inselbetrieb (z.B. beim Einsatz von Netzersatzanlagen)	☐ Kein Inselbetrieb mit Netzersatzanlage → ΔF ist vernachlässigbar ☐ Inselbetrieb mit Netzersatzanlage → $\Delta F =$
	Spannungsverzerrungen Oberwellen durch Gleich- und Wechselrichter Getaktete Netzteile	Abhängig von anderen Verbrauchern; Spannungsklirrfaktor $K_U =$
	Spannungsspitzen Blitzeinschläge, Schalthandlungen Kurzschlüsse, Gleich und Wechselrichter	Jederzeit möglich; Schnelle Transiente (IEC 61000 4-4) $U_{Peak} =$ Energiereiche Transiente (IEC 61000 4-5) $U_{Peak} =$

Netzkurzschlussleistung S_{KV} am Anschlusspunkt

$S_{KV} =$

Checkliste zum versorgenden Netz

Teil 2: Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher

Minimaler Leistungsfaktor $\lambda_{\min} =$

Emissionsgrenzwerte für einzelne Oberschwingungsströme I_v								
v	3	5	7	11	13	17	19	> 19
p_v	6 (18)*	15	10	5	4	2	1.5	1
I_v								
$I_v / I_A = p_v / 1000 * \text{sqr}(S_{kv} / S_A)$				S_{kv} = Netzkurzschlussleistung am Anschlusspunkt				
				=				
				S_A = Anschlussleistung der Verbraucher				
				=				
				I_A = Strombezugsgrösse bei S_A				
				*) Der zwischen den Klammern gesetzte Wert gilt für den Neutralleiter				

Emissionsgrenzwert für die Gesamtheit aller Oberschwingungsströme THDi_A

$$\text{THDi}_A = \text{sqr}(\sum_{v=2}^{40} I_v^2) / I_A \leq 0.02 * \text{sqr}(S_{kv} / S_A) =$$

Checkliste der Verbraucher

Teil 1: Anforderung der Verbraucher an das versorgende Netz

[illegible]

Checkliste der Verbraucher

Teil 2: Qualität der Verbraucher

Verbraucher	Ref.-Nr.	Leistung (VA)	GL-Faktor (Gleichzeitigkeit)	Leistungsbezug			Leistung der Oberschwingungserzeuger *)		
				Leistungs- faktor λ	Wirkleistung (W)	Blindleistung gesamt inkl. Oberschwing- ungen (Var)	Keine Berücksichtigung THDi < 105% (ja/nein)	Gruppe 1 10%<=THDi<=25% (VA)	Gruppe 2 THDi > 25% (VA)
Total Verbraucher		S_A =		λ =				S_{Gr.1} =	S_{Gr.2} =
							Leistung der Oberschwingungserzeuger S_{OS} S_{OS} = 0.5 * S_{Gr.1} + S_{Gr.2} =		
							Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A =		

*) THDi = Gesamtüberschwingungsgehalt des Stromes eines einzelnen Verbrauchers

OBERSCHWINGUNGSBEURTEILUNG

(Kurzfassung)

Nachdem die Daten der Kundenanlage erfasst worden sind, erfolgt die Beurteilung in drei Schritten:

1. LEISTUNGSVERHÄLTNIS S_{KV}/S_A (SCHRITT 1)

Eine weitergehende Anschlussbeurteilung kann entfallen, wenn das Verhältnis Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt S_{KV} zu Anschlussleistung der Kundenanlage S_A der zutreffenden Bedingung genügt:

Niederspannung: $S_{KV} / S_A \geq 150$

Mittelspannung: $S_{KV} / S_A \geq 300$

2. OBERSCHWINGUNGSLASTANTEIL S_{OS}/S_A (SCHRITT 2)

Die Oberschwingungslast S_{OS} der Kundenanlage umfasst neben den neu anzuschliessenden Oberschwingungserzeugern auch die bereits vorhandenen. Die Einteilung geschieht in zwei Gruppen, entsprechend dem Oberschwingungsgehalt des Stromes:

Gruppe 1: Hierzu gehören Stromrichter mit Pulszahlen ≥ 12 , Leuchtstofflampen und andere Gasentladungslampen mit induktivem Vorschaltgerät.

Gruppe 2: Zu dieser Gruppe gehören 6-pulsige Stromrichter, Drehstromsteller, Inverterschweissgeräte, elektronisch geregelte Wechselstrommotoren, Dimmer, TV-Geräte, Computer einschliesslich Peripheriegeräte, Kompaktleuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät und Geräte der Unterhaltungselektronik.

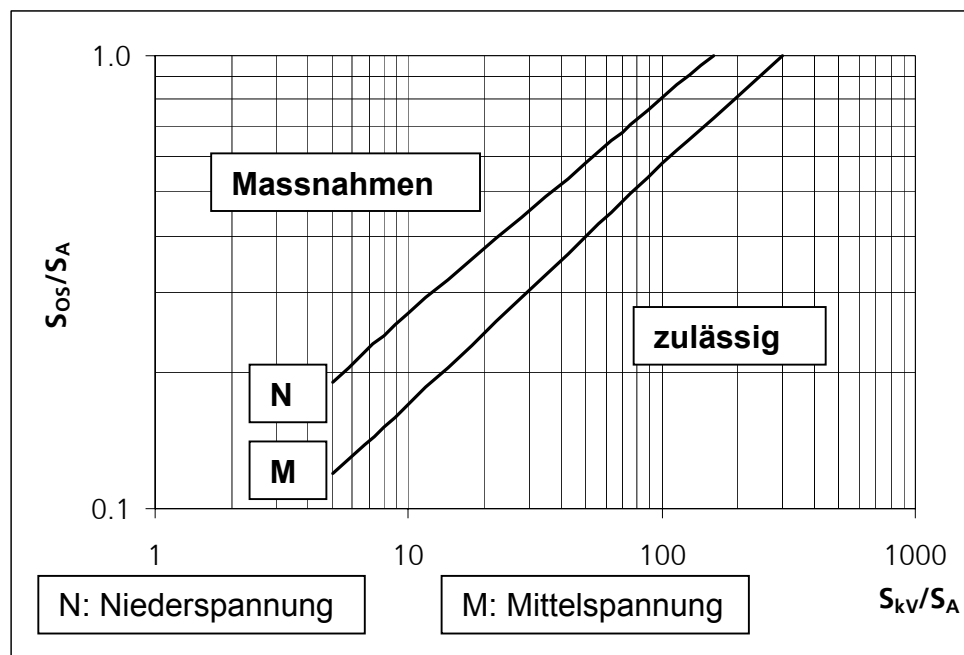
Die Leistungen aller Oberschwingungserzeuger sind unter Berücksichtigung der zu erwar-

tenden Gleichzeitigkeit je Gruppe zu $S_{Gr.1}$ bzw. $S_{Gr.2}$ zusammenzufassen. Bei der Summenbildung wird zwischen Leistungsangaben in kW und kVA nicht unterschieden. Den wirksamen Oberschwingungslastanteil erhält man schliesslich aus:

$$S_{OS}/S_A = (0.5 \cdot S_{Gr.1} + S_{Gr.2}) / S_A$$

3. BEWERTUNG DES OBERSCHWINGUNGSLASTANTEILS S_{OS}/S_A (SCHRITT 3)

Die Bewertung der Kundenanlage hinsichtlich Oberschwingungen erfolgt mit Hilfe des folgenden Diagramms:



Zunächst wird im Diagramm jene Stelle markiert, die durch die zuvor ermittelten Werte für das Leistungsverhältnis S_{kV}/S_A und den Oberschwingungslastanteil S_{OS}/S_A festgelegt ist.

Für die anschliessende Bewertung ist die Lage dieser Stelle in bezug auf die zutreffende

Kurve massgebend. Je nachdem in welcher Spannungsebene sich der Verknüpfungspunkt befindet, kommt entweder die Kurve für die Niederspannung oder jene für die Mittelspannung zur Anwendung:

- Wenn die markierte Stelle im Bereich unterhalb der Kurve liegt, sind keine Massnahmen erforderlich. Das Gerät oder die Anlage kann in der geplanten Form angeschlossen werden.
- Befindet sich hingegen die markierte Stelle im Bereich oberhalb der Kurve, dann sind Massnahmen zur Begrenzung der Oberschwingungen notwendig.

April 2004

Kriterien für die Umschaltung zwischen Bypass- und USV-Betrieb

ausgearbeitet durch

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren des Berichtes verantwortlich.

Dieser Bericht ist auch in Englisch verfügbar.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:

www.electricity-research.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	1
2.	Definition des Bypass-Modus	1
2.1.	Betrieb über den Bypass.....	1
2.2.	Bedingungen für den Bypass-Betrieb.....	1
2.3.	Anforderung an die Steuerung der USV-Anlage	2
3.	Umschaltung vom Bypass-Betrieb in den USV-Betrieb	3
3.1.	Generelle Anforderung an die Ausgangsspannung.....	3
3.2.	Minimale Anforderungen an die Ausgangsspannung	3
3.3.	Umschaltkriterien vom Bypass-Betrieb in den USV-Betrieb	3
4.	Umschaltung vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb	4
4.1.	Art der Umschaltung.....	4
4.2.	Kriterien für automatisches Umschalten vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb.....	4
4.3.	Zusätzliche Anforderungen	4
5.	Erfassung in der Q/E-Matrix.....	5

1. EINLEITUNG

USV-Anlagen, die bei ungestörter Netzeinspeisung über den Bypass betrieben werden, müssen im Falle einer Netzstörung automatisch auf den USV-Betrieb umgeschaltet werden.

Die Rückkehr vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb darf erst nach einer Stabilisierungsphase erfolgen. Dadurch wird vermieden, dass in Folge instabiler Netzverhältnisse mehrmalige Umschaltungen zwischen dem USV- und dem Bypass-Betrieb stattfinden.

Der Bypass-Betrieb und die Kriterien für die Umschaltung zwischen dem Bypass-Betrieb und dem USV-Betrieb werden im folgenden beschrieben.

2. DEFINITION DES BYPASS-MODUS

2.1. BETRIEB ÜBER DEN BYPASS

Mit dem elektronischen Bypass kann eine USV-Anlage verlustarm betrieben werden.

Beim Betrieb über Bypass fließt die Energie im Normalbetriebszustand über den statischen Bypass zum Verbraucher. Die Energieverluste sind in dieser Betriebsart am kleinsten, sofern die Komponenten, wie Gleich- und Wechselrichter resp. 4-Quadrantenumrichter, nicht dauernd eingeschaltet sind. Unter Betrieb über Bypass wird die Betriebsart ‚passiv standby operation‘ gemäss der Norm EN/IEC 62040-3 verstanden.

Der elektronische Bypass kommt bei einer Störung einzelner Komponenten auch für die Umgehung des USV-Pfades zum Einsatz.

2.2. BEDINGUNGEN FÜR DEN BYPASS-BETRIEB

Im Bypass-Betrieb ist zu gewährleisten, dass automatisch ein periodischer Test

- der Batterieladekapazität und
 - der Wechselrichterfunktion
- erfolgt.

2.3. ANFORDERUNG AN DIE STEUERUNG DER USV-ANLAGE

Abhängig von der versorgten Last können die Anforderungen an die unterbrechungsfreie Spannungsversorgung unterschiedlich sein. Es ist durchaus möglich, dass dauernd „Bypass-Betrieb“ ausreichend ist, oder dass z.B. während den Arbeitszeiten, d.h. bei grosser Last, in einem Betrieb eine Umschaltung vom „Bypass-Betrieb“ auf den „USV-Betrieb“ nicht tolerierbar ist, wohl aber ausserhalb der Arbeitszeiten, d.h. bei geringer Last. Daher bestehen folgende Anforderungen an die Steuerung von USV-Anlagen:

- Die Betriebsarten „USV-Betrieb“ und „Bypass-Betrieb“ müssen durch den Anlagenbetreiber fest angewählt werden können. Dabei erfolgen Umschaltungen zwischen diesen beiden Betriebsarten lediglich bei Störungen im Netz oder bei internen Störungen der USV-Anlage.
- Die Betriebsarten „USV-Betrieb“ und „Bypass-Betrieb“ werden abhängig von der Last angewählt. Dabei erfolgt eine Umschaltung zwischen den beiden Betriebsarten abhängig vom Ausgangsstrom I_A . Der Anlagenbetreiber muss dazu auf der USV-Anlage einen Grenzwert des Ausgangsstromes einstellen können. Unterhalb dieses Grenzwertes, d.h. bei geringer Last, schaltet die USV-Anlage automatisch auf „Bypass-Betrieb“. Oberhalb des Grenzwertes, d.h. bei grosser Last, schaltet die USV-Anlage automatisch auf „USV-Betrieb“.
- Nach einer automatischen Umschaltung zwischen den beiden Betriebsarten in Folge einer Netz- oder Komponentienstörung sowie den periodischen Tests oder nachladen der Batterie muss die USV-Anlage nach Wiedererreichen des störungsfreien Betriebes wieder in die vorgängig angewählte Betriebsart wechseln.

3. UMSCHALTUNG VOM BYPASS-BETRIEB IN DEN USV-BETRIEB

3.1. GENERELLE ANFORDERUNG AN DIE AUSGANGSSPANNUNG

Bei einer Umschaltung vom Bypass-Betrieb in den USV-Betrieb in Folge einer Netzstörung soll die Ausgangsspannung der USV-Anlage das Toleranzband für die Normspannung gemäss EN 50160 nur kurzzeitig verlassen, nämlich während der Zeit, die zur Fehlerwegschtaltung erforderlich ist.

3.2. MINIMALE ANFORDERUNGEN AN DIE AUSGANGSSPANNUNG

Bei einer Umschaltung vom Bypass-Betrieb in den USV-Betrieb in Folge einer Netzstörung müssen die folgenden minimalen Anforderungen an die Ausgangsspannung erfüllt sein:

- Die maximale Umschaltzeit, d.h. ein Spannungsunterbruch, darf 20 ms nicht überschreiten.
- Ein Phasensprung darf nicht auftreten.

3.3. UMSCHALKRITERIEN VOM BYPASS-BETRIEB IN DEN USV-BETRIEB

Eine Umschaltung vom Bypass-Betrieb in den USV-Betrieb in Folge einer Netzstörung darf erst erfolgen, wenn das Toleranzband der Normspannung gemäss EN 50160 während einer gewissen Zeit überschritten wird.

Für die Umschaltung vom Bypass-Betrieb in den USV-Betrieb gelten die untenstehenden Kriterien, wobei die aufgeführten Werte lediglich als Richtwerte zu betrachten sind:

- Die Eingangsspannung befindet sich ausserhalb folgender Spannungsveloppen:
 - $U_{\text{EIN}} > 125 \% U_{\text{NENN}}$ oder $U_{\text{EIN}} < 75 \% U_{\text{NENN}}$ länger als 2 ms
 - oder
 - $U_{\text{EIN}} > 110 \% U_{\text{NENN}}$ oder $U_{\text{EIN}} < 90 \% U_{\text{NENN}}$ länger als 500 ms.
- Die Frequenz der Eingangsspannung ist während mehr als 500 ms grösser 102.5 % (> 51.25 Hz) oder kleiner 97.5 % (< 48.75 Hz).

Die Werte der Umschaltkriterien sollen frei programmierbar sein oder zumindest durch den Lieferanten gemäss Spezifikation eingestellt werden können. Bei der Festlegung der Werte der Umschaltkriterien ist darauf zu achten, dass der Betrieb über den Bypass möglichst lange gefahren werden kann, was mit den angegebenen Richtwerten erfüllt wird.

4. UMSCHALTUNG VOM USV-BETRIEB IN DEN BYPASS-BETRIEB

4.1. ART DER UMSCHALTUNG

Die unterbrechungsfreie Rückschaltung vom USV-Betrieb auf den Bypass-Betrieb kann manuell oder automatisch erfolgen.

4.2. KRITERIEN FÜR AUTOMATISCHES UMSCHALTEN VOM USV-BETRIEB IN DEN BYPASS-BETRIEB

Eine automatische Rückschaltung vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb darf erst erfolgen, wenn die Umschaltkriterien während einer bestimmten Zeitdauer, z.B. 10 s unterschritten wurde. Dabei gelten folgende Kriterien, wobei die aufgeführten Werte lediglich als Richtwerte zu betrachten sind:

- Die Eingangsspannung befindet sich innerhalb folgender Spannungsenvolpe:
 $U_{\text{EIN}} < 110 \% U_{\text{NENN}}$ und $U_{\text{EIN}} > 90 \% U_{\text{NENN}}$ länger als 10 s.
- Die Frequenz der Eingangsspannung ist während mehr als 10 s kleiner 102.5 % (< 51.25 Hz) und grösser 97.5 % (> 48.75 Hz).

Als Alternative zum Zeitkriterium für die Rückschaltung in den Bypass-Betrieb kann auch eine Hysterese der Grenzwerte verwendet werden. Dabei erfolgt eine Rückschaltung vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb erst, wenn sich die Werte der Eingangsspannung innerhalb z.B. 80 % des Toleranzbandes der Normspannung gemäss EN 50160 befinden.

Die Werte der Umschaltkriterien sollen frei programmierbar sein oder zumindest durch den Lieferanten gemäss Spezifikation eingestellt werden können. Bei der Festlegung der Werte der Umschaltkriterien ist darauf zu achten, dass erst auf den Bypass-Betrieb umgeschaltet wird, nachdem sich das speisende Netz stabilisiert hat, um mehrfaches Umschalten zwischen dem USV-Betrieb und dem Bypass-Betrieb zu vermeiden.

4.3. ZUSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN

Nach dem Zurückschalten vom USV-Betrieb oder einem allfälligen Notbetrieb in den Bypass-Betrieb muss die Batterie nachgeladen und auf der Schwebeladespannung gehalten werden.

5. ERFASSUNG IN DER Q/E-MATRIX

Bei einer Umschaltung vom Bypass-Betrieb in den USV-Betrieb in Folge einer Netzstörung gilt für die Ausgangsspannung die Normspannung U_{NORM} als erfüllt, wenn bei der Umschaltung die minimalen Anforderungen an die Ausgangsspannung und nach der Umschaltung die Bedingungen für die Normspannung gemäss EN 50160 erfüllt sind.

Die Dauer des Unterbruchs der Ausgangsspannung ist in der Q/E-Matrix anzugeben.

Allfällige Abweichungen der Ausgangsspannung von EN 50160 nach der Umschaltung sind ebenfalls in der Q/E-Matrix anzugeben.

February 1999

Optimised use of Uninterruptible Power Supply Systems

prepared by

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

This study has been carried out on behalf of Swiss Federal Office of Energy. All contents and conclusions are the sole responsibility of the authors.

This report is available also in German.

Please refer to the following web site for additional information concerning the Swiss Federal Office of Energy "Electricity" programme:
www.electricity-research.ch

CONTENTS

1.	Introduction	1
2.	Functions of a UPS system	1
2.1.	Securing the power supply	1
2.2.	Filtering network disturbances.....	1
2.3.	Improving power factor and reducing harmonic distortion.....	1
2.4.	Performance of tasks	1
2.5.	Comparability of UPS systems	1
2.5.1.	Parameters and specifications of UPS systems	1
2.5.2.	Correlation between quality-relevant and energy-relevant criteria	1
3.	Mains supply	1
3.1.	Quality of network.....	1
3.2.	Requirements placed by the mains network on electrical devices	1
4.	Electrical devices.....	1
4.1.	Requirements placed by electrical devices on the mains network	1
4.2.	Quality of electrical devices	1
5.	Requirements placed on UPS systems	1
5.1.	Comparing the power supply network and electrical devices	1
5.1.1.	Classification of electrical devices	1
5.1.2.	Example of classification of electrical devices	1
5.1.3.	Assessment of power factor and harmonic distortion of electrical devices	1
5.2.	Specifications of UPS system.....	1
5.3.	Operation of UPS system	1

1. INTRODUCTION

Uninterruptible power supply (or UPS) systems are primarily used for enhancing the security of power supply to electrical devices that may suffer intolerable damage as the result of mains network disturbances or power failures.

The functions that UPS systems are required to perform depend on the type of electrical device concerned, i.e. on the connected load. UPS systems do not always have to perform all available functions to the same extent, and this means that it is possible to choose the most suitable system and optimise its use by identifying the requirements of different electrical devices. In this way it is also possible to **reduce investment and operating costs**.

In order to optimise the use of UPS systems, both planners and operators need to identify the requirements to be placed on the system.

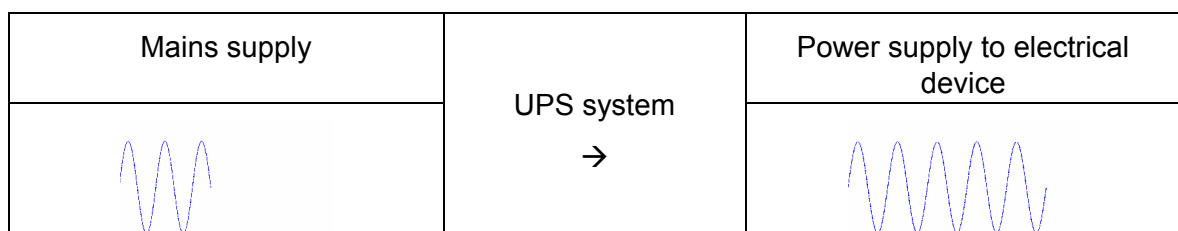
In order to identify the requirements to be placed on UPS systems, it is necessary to be acquainted with the quality and specifications of the mains network and the electrical device(s) to be connected. Therefore the ideal solution is to use a systematic method for identifying the requirements to be placed on a UPS system and its operation.

2. FUNCTIONS OF A UPS SYSTEM

UPS systems are used for the protection of electrical devices that are susceptible to damage in the event of a power failure or are sensitive to network disturbances. They also improve the power factor and reduce harmonic distortion. UPS systems normally perform three functions:

2.1. SECURING THE POWER SUPPLY

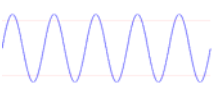
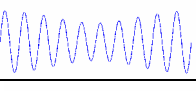
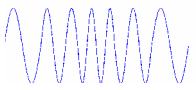
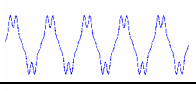
In the event of a failure or interruption of the mains network, UPS systems automatically switch into battery operation. The attached device is then supplied with power via battery until the mains network is back in operation.



Voltage curves at input and output of UPS system

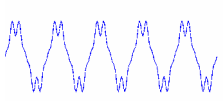
2.2. FILTERING NETWORK DISTURBANCES

Depending on their design and method of operation, UPS systems protect sensitive electrical devices against network disturbances. In addition to providing electrical devices with power during failures or interruptions of the mains network, UPS systems are able to filter out the following types of network disturbance:

Disturbance		Possible causes
	Interruption, failure	Storms Switching operations on network Short circuits
	Surge voltage, brownouts	Network overloads, underloads
	Voltage fluctuations	Major fluctuations in load
	Frequency fluctuations	Unusual on the European UCTE network. Possible in isolated networks (e.g. when replacement networks are in use).
	Voltage distortion	Harmonics caused by DC and AC converters Phased network components
	Spikes	Lightning strikes DC/AC converters Short circuits

2.3. IMPROVING POWER FACTOR AND REDUCING HARMONIC DISTORTION

Depending on their design, UPS systems are able to separate currents from the mains supply that have been generated by non-linear devices. Using preswitched UPS systems it is possible to reduce harmonic distortion caused by non-linear loads, regardless of the type of load. It should be noted here that, depending on their design and method of operation, UPS systems may cause harmonic distortion themselves.

Mains current	UPS system ←	Device current
		

Current curves at input and output of a UPS system with active filtering function

The function of reducing harmonic distortion will become less significant in the future since the power factor of electrical devices (as the main cause of non-linear loads) is being compensated to an increasing extent.

2.4. PERFORMANCE OF TASKS

The three main functions of a UPS system do not have to be performed to the same extent for all electrical devices. The required degree of performance depends on the quality and specifications of the mains network and the electrical devices to be connected.

By identifying the quality and specifications of both the mains network and the electrical devices it is possible to determine which functions a UPS system is required to perform for given categories of electrical devices. This differentiation process makes it possible to choose and operate the most suitable UPS system for each purpose.

Here it is important that the quality required by a given user can be achieved with

- minimum investment, operating and maintenance costs;
- minimum energy losses;
- minimum equipment for the reduction of the noise levels;
- minimum space requirement.

2.5. COMPARABILITY OF UPS SYSTEMS

2.5.1. Parameters and specifications of UPS systems

Depending on the technology used, UPS systems differ considerably in terms of quality as electrical device and as power supply unit, as well as from the point of view of degree of efficiency, and thus may cause higher or lower energy losses. In view of the fact that manufacturers often provide different specifications, it is very difficult for business planners and operators to make direct comparisons between the various products on the market, especially with respect to energy consumption. It is therefore essential that manufacturers of UPS systems provide clearly defined and directly comparable information concerning quality and performance of their products.

The criteria for comparing UPS systems are shown in "Parameters and specifications of UPS systems" (Appendix 1). This document shows the parameters and specifications of UPS systems and assesses whether these are of relevance with respect to energy consumption and/or quality. Quality criteria are subdivided into process-oriented characteristics which determine the functions to be performed by a UPS system, and other characteristics that determine its performance.

2.5.2. Correlation between quality-relevant and energy-relevant criteria

A correlation exists between the process-oriented quality of a UPS system and energy losses in normal operating mode. The design, method of operation and battery management of a UPS system determine the level of process-oriented quality that can be achieved, as well as the losses that may arise.

This means that users can define the functions of a UPS system depending on their specific quality requirements, and are thus able to influence the level of energy losses.

If a UPS system is carefully defined to provide the necessary process-oriented quality, this means that users can be assured that it only contains those components that are necessary for their defined requirements, and thus that they will be able to operate the system optimally. In this way it is possible to cut investment costs as well as minimise energy losses in normal operating mode.

The quality/energy matrix in Appendix 2 is intended to function as an aid for assessing and comparing UPS systems from the points of view of choice of device and method of operation.

3. MAINS SUPPLY

3.1. QUALITY OF NETWORK

For users of electrical devices it is important to know how frequently and to what extent the mains supply may deviate from its normal level. They need to determine how frequently outages or interruptions are likely to occur, as well as what impacts any network disturbances may have.

Appendix 3, section 1 contains a mains supply checklist that can be used to assess the quality of the supply network. For this purpose it is also useful to consult the statistics published by the network operator with respect to disturbances. In some cases it may be advisable to take into consideration an internal power feed up to the mains connection of the UPS system and/or the electrical device to be protected.

In addition to the quality of the supply network, it is also necessary to know or determine the network short-circuit power (S_{KV}) at the mains connection to the electrical device concerned.

3.2. REQUIREMENTS PLACED BY THE MAINS NETWORK ON ELECTRICAL DEVICES

Depending on their design, UPS systems may bring about an increase or decrease in the power factor/harmonic distortion of an electrical device, i.e. the latter may adjust the power factor (λ) and reduce harmonic distortion at the mains connection.

The mains supply checklist in Appendix 3, section 2 lists the requirements placed by the supply network on electrical devices.

The minimum power factor (λ) or more frequently, $\cos \varphi$, is defined by the network operator.

The maximum harmonic distortions at the mains connection should be defined in accordance with the recommendations of the Swiss Association of Electricity Producers (CH: VSE-Empfehlung 2.72d-97). The calculation of emission thresholds for individual harmonic currents (I_v) and for the total of all harmonic currents (THDi_A) may be made as described in Appendix 3. It is only possible to calculate emission thresholds for harmonic currents after the connection power of the electrical device (S_A) has been determined (cf. Chapter 4.2; Appendix 4, section 2).

NB: If the network short-circuit power (S_{KV}) at the mains connection is much greater than the connection power of the electrical device (S_A) - ($S_{KV} / S_A \geq 150$ on a low-voltage network), it is not necessary to measure harmonic distortions.

4. ELECTRICAL DEVICES

4.1. REQUIREMENTS PLACED BY ELECTRICAL DEVICES ON THE MAINS NETWORK

Electrical devices respond to network disturbances in many different ways. Appendix 4, part 1 contains a checklist of electrical devices which describes the various requirements placed by the latter on the mains network with respect to disturbances.

This list should include all electrical devices that are to be supplied with power via a UPS system. In addition to power, details should also be given with respect to tolerance of network disturbances. Furthermore, it should be noted whether an interruption of power supply to a given electrical device is permissible, and if so, for how long.

Tolerance of network disturbances by a given device should be indicated as a yes/no criterion. The following criteria apply with respect to tolerance of network disturbances:

- The device must be able to withstand an interruption in power supply for up to 20 ms without malfunctioning.
- The device must be able to withstand fluctuations of up to +/-10% in rated voltage, +4/-6% in nominal frequency and up to 8% in voltage distortion without malfunctioning.
- The device must be able to withstand high-speed and high-power transients up to 4 kV_{peak} without any sustained interference with its functions, i.e. the device may be noticeably affected by transients, but is then automatically restored to error-free status.

The evaluation of the requirements placed by electrical devices on the mains network and its quality results in a classification of devices by category (cf. Chapter 5.1.1.).

When entering data in the list, practical findings should be given preference over values in the data sheets since they make a valuable contribution towards optimised use of UPS systems.

Below we have described a few examples of requirements placed by electrical devices on the mains network.

The majority of PCs, work stations, data processing networks and devices with phased power supply units are able to withstand network interruptions of 20 ms without malfunctioning, and are also immune to other network disturbances in the listed areas. For example, this means that a correspondingly equipped database server would not lose any data in the event of a 20 ms interruption in the power supply, since the server's power supply unit would be able to bridge this gap.

By contrast, with high-pressure lamps or with some controls with locking relays, a 20 ms interruption in the power supply may cause a device to switch off, and in some cases it may be several minutes before it is possible to switch it on again.

In systems equipped with power storage capacities, e.g. air-conditioners and coolers in buildings, interruptions of several minutes are often tolerable. However, this does not apply to air-conditioners for UPS systems and any associated battery rooms, since it is essential to maintain the ambient conditions required for their faultless operation, especially during a power failure.

4.2. QUALITY OF ELECTRICAL DEVICES

Quality of electrical devices refers to the negative influence they may have on the supply network. Here, the power factor and harmonic distortions are especially relevant, since it is possible to lessen these negative influences using UPS systems.

The quality of electrical devices may be ascertained using the checklist in Appendix 4, part 2.

The active and reactive power ratings are determined on the basis of the respective simultaneity factor and power factor of each electrical device. We can then take the total of all active and reactive power ratings to calculate the power factor for all electrical devices, plus the total connection power (S_A). The calculation of the active and reactive power ratings of each electrical device is a fundamental criterion for dimensioning a UPS system, so it should always be carried out.

Since the necessary information for listing the harmonic distortion levels of electrical devices is often not provided by manufacturers, the determination of these influencing factors is regarded as an optional criterion for ensuring optimal use of UPS systems. If the behaviour of the majority of electrical devices is non-linear (e.g. phased power supply units, fluorescent lamps), it is nonetheless recommended to assess the quality of such devices in terms of harmonic distortion.

The method for calculating harmonic distortion of electrical devices is described in the recommendation to the assessment of harmonic distortion (CH: VSE-Empfehlung 2.72d-97) and the procedure for determining the necessary proportion of harmonic distortion for all electrical devices is explained in Enclosure B of this recommendation.

Estimating harmonic distortion for all devices depends on the power supply network and is explained in Chapter 5 "Comparing the power supply network and electrical devices".

5. REQUIREMENTS PLACED ON UPS SYSTEMS

5.1. COMPARING THE POWER SUPPLY NETWORK AND ELECTRICAL DEVICES

5.1.1. Classification of electrical devices

The devices concerned have to be classified according to the requirements placed on the power supply network. There are three categories:

Category 1: Supply via mains network

Devices that are operated directly from the mains network without UPS systems.

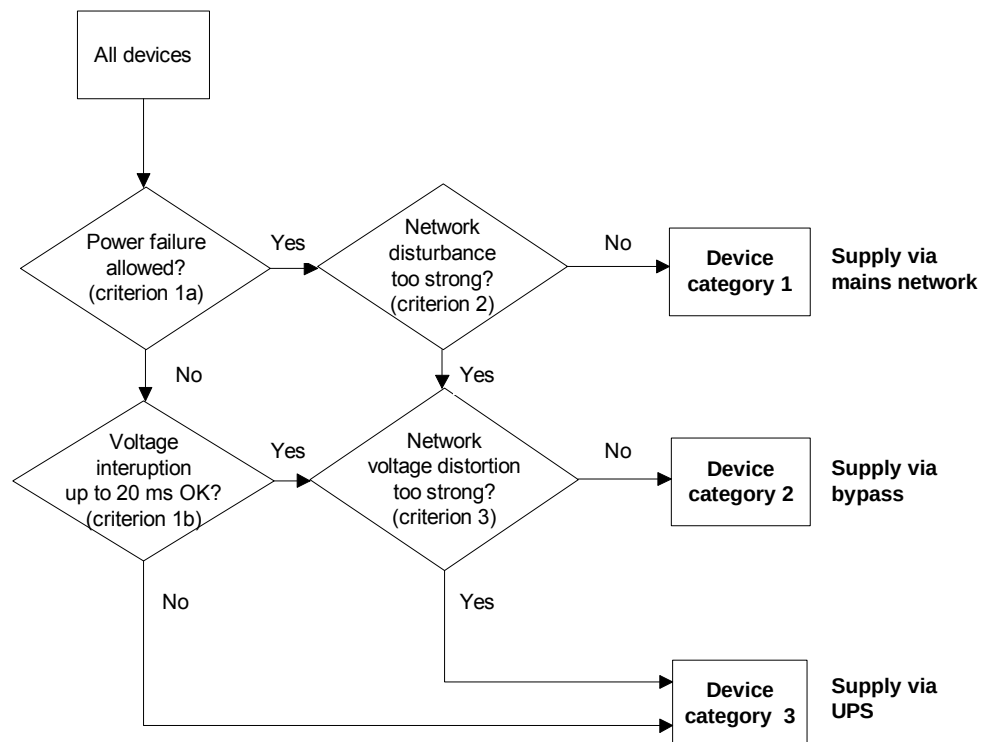
Category 2: Supply via bypass

Devices that are operated via a UPS system. Power is normally supplied via the bypass. In the event of an interruption to the mains network, the power supply is automatically switched to the UPS line within 20 ms. Devices in this category are able to withstand this interruption without malfunctioning, and therefore continue to operate normally.

Category 3: Supply via UPS system

Devices that have to be operated via the supply line of a UPS system.

The allocation of electrical devices to the appropriate category is carried out in several steps as follows:



Procedure for classifying electrical devices

Step 1

- Devices that are able to withstand a power failure without malfunctioning are allocated to category 1 (criterion 1a)
- Devices that are not able to withstand a power failure, but which are able to withstand an interruption in power supply of up to 20 ms without malfunctioning, are allocated to category 2 (criterion 1b)
- All other devices are allocated to category 3

Step 2

- Devices that are classified in category 1, but for which potential interruptions to the supply network are outside the tolerance range and thus may lead to damage, should be allocated to category 2. This reclassification also needs to be made if the functions of a device would be interfered with as the result of an interruption in power supply, but the device would not be switched off. Network disturbances that are outside the bandwidths cited in the checklist of electrical devices may occur in industrial or isolated networks (criterion 2).

Step 3

- Category 2 devices for which the potential voltage distortion of the supply network is outside the specified tolerance range should be allocated to category 3. High voltage distortion may occur in industrial networks (criterion 3).

5.1.2. Example of classification of electrical devices

Below is an example of the classification of electrical devices used in an office building. Classification can be made on the basis of the requirements placed by the various electrical devices on the power supply (which is assumed to be a medium-voltage mains network). With respect to security of power supply, it is assumed that, in the event of a network failure, power would be restored within 10 minutes via the repaired supply network or an emergency generator.

Details concerning the power of the electrical devices are not included in this example, since this is not one of the classification criteria. The devices listed in this example encompass the overall range of categories, but for specific classification purposes it is best to consider each device individually.

As can be seen from the classification of electrical devices in this example (see below), all devices may be allocated to category 1 (supply via mains) or category 2 (supply via bypass). This means that all devices that are connected to the UPS system may be powered via the bypass during normal operation. If an isolated network is being used with supply via an emergency generator, the operation of the UPS system has to be switched to the UPS line, since the quality of this type of power supply does not correspond to that of the mains network used for classification purposes.

[illegible]

Checklist of electrical devices with examples for classification

5.1.3. Assessment of power factor and harmonic distortion of electrical devices

In order to assess the power factor and harmonic distortion of electrical devices, it is necessary to calculate the overall power (S_A), the power factor (λ) and, by way of option, the proportion of harmonic distortion (S_{OS} / S_A) for each category (cf. Appendix 4, section 2).

The overall power (S_A) serves as the criterion for determining the power of a UPS system.

If the power factor (λ) is too low, i.e. is lower than the required minimum level, measures have to be taken to increase it.

When assessing the proportion of harmonic distortion (S_{OS} / S_A), this has to be carried out using the ratio between S_{KV} / S_A . From the diagram in the recommendation (CH: VSE-Empfehlung 2.72d-97) it can be deduced whether any measures are necessary or not.

The following measures may be taken to increase the power factor and reduce harmonic distortion:

Electrical devices	Measures if	
	power factor (λ) is too low	proportion of harmonic distortion is too high
Category 1: Supply via mains network	- Use of alternative device - Filter - Reactive power compensation	- Use of alternative device - Filter
Category 2: Supply via bypass	- Use of alternative device - Allocation of certain devices to category 3 - Filter - Reactive power compensation	- Use of alternative device - Allocation of certain devices to category 3 - Filter
Category 3: Supply via UPS system	- Filtering via DC circuit of UPS system *) - Adjustment of power factor via UPS system - Active filter function of UPS system	- Filtering via DC circuit of UPS system *) - Active filter function of UPS system

*) The UPS system itself must also meet the requirements of the power supply network with respect to power factor and harmonic distortion.

5.2. SPECIFICATIONS OF UPS SYSTEM

The requirements placed on the UPS system depend on the category of electrical devices.

Those allocated to category 1 do not need to be taken into consideration here since they do not need to be connected to a UPS system. Eliminating the devices allocated to category 1 means that the required power of the UPS system is correspondingly lower.

The power of the system is determined by the connected devices in categories 2 and 3. Depending on the distribution of devices among categories 2 and 3, it is necessary to determine whether two independent UPS systems may be required, one of which is operated via the bypass and the other via the UPS line.

If bypass operation is required, it is important that high-speed and high-energy transients are absorbed at the input of the UPS system in order to ensure that the devices that are

connected to the UPS system are not damaged in bypass operation by transients from the power supply network.

Requests for tenders for UPS systems should be accompanied by the following information:

- Mains supply checklist (Appendix 3)
The supplier should be given details concerning potential network interruptions and maximum permissible interference levels.
- Criteria for switching between bypass and UPS operation (Appendix 5)
If the electrical devices are to be operated via a bypass and a UPS system, it is important to define the criteria for switching between these two modes.
- Quality/energy matrix (Appendix 2)
The Q/E matrix should be completed by the supplier and submitted together with the quote.
The Q/E matrix indicates the following details:
 - The extent to which standard network disturbances can be reduced using a UPS system.
 - Which interferences (harmonic distortion) arise with standard loads.
 - Level of losses and efficiency of UPS system when operated with standard loads.

The Q/E matrix prepared and submitted by the supplier can be used for assessing whether the system concerned meets the requirements placed on filtering network disturbances and harmonic distortion. Furthermore, the Q/E matrix can be used together with the mains supply checklist and details concerning tolerable network interruptions for optimising the choice of UPS system in terms of filtering network disturbances, reducing harmonic distortion and ensuring the highest degree of efficiency.

5.3. OPERATION OF UPS SYSTEM

If electrical devices in categories 2 and 3 are supplied via two separate UPS systems, the system with category 2 devices is supplied via the bypass, and the system with category 3 devices is supplied via the UPS line.

Wherever possible, UPS systems should be operated via a bypass, since this ensures lower losses. The efficiency of a UPS system is approximately 98% in bypass mode versus 94% when it is operated via the UPS line.

UPS systems that are operated via a bypass during error-free power supply should automatically switch to UPS operation in the event of a network disturbance. The criteria for switching should be defined so that the devices are operated in bypass mode for as long as possible (Appendix 5). Before switching back to UPS mode it is important to allow sufficient time for the power supply network to fully stabilise again.

If category 2 and 3 electrical devices are supplied via a shared UPS system, the latter should be operated via the UPS line. The question as to whether bypass mode may be used outside normal working hours, i.e. at night and during weekends, needs to be clarified by observing category 3 devices from the point of view of required availability.

A study should also be carried out concerning the option of temporary bypass mode for UPS systems that solely supply category 3 devices.

LIST OF APPENDICES

- Appendix 1: Parameters and specifications of UPS systems
- Appendix 2: Quality/energy matrix (Q/E matrix)
- Appendix 3: Mains supply checklist
- Appendix 4: Electrical devices checklist
- Appendix 5: Criteria for switching between bypass and UPS mode

Parameters and specification of UPS systems

Q/E Allocation

Parameters and specification of UPS systems	Relevance with respect to energy consumption	Relevance with respect to quality		Additional criteria
		Process-oriented	Availability	
Structure of the UPS System				
Installed components (rectifier, inverter, booster, 4-quadrant controller with 2-path active filter, electronic bypass, manual bypass)	X	X		
Integrated respectively at the inlet or outlet connected active or passive filters	X	X		
At the inlet and/or outlet connected transformers or HF transformers for potential separation and for the reduction of the harmonics	X	X		X
Modularity (expandable for redundancy or additional power)	X	X	X	X
Mode of Operation				
Operation through UPS path	X	X		
Operation through UPS bypass	X	X		
Securing the power supply				
Behaviour at short time outage		X		
Behaviour at voltage interruption		X		
Behaviour at outage caused by a short circuit		X		
Behaviour at single phase outage		X		
Behaviour at brown-out		X		
Behaviour at outage without battery (battery is out of order)		X	X	
Behaviour at change-over to the operation through bypass		X	X	
Behaviour at shift back to the operation through UPS path		X	X	
Behaviour with malfunctioning of the UPS system		X	X	
Filtering network disturbances				
Behaviour at voltage fluctuation	X	X		
Behaviour at voltage distortions of the network (harmonics)	X	X		
Behaviour at fast transients (spikes)	X	X	X	
Behaviour at energy loaded transients (caused by switching actions or lightning strikes)	X	X	X	
Behaviour at frequency fluctuations of the network (Frequency fluctuations are very small in the UCTE network. They can be relevant at the operation of a network, which is not connected to the UCTE or at emergency operation.)	X	X		

Parameters and specification of UPS systems

Q/E Allocation

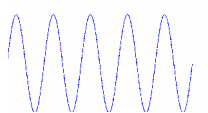
Parameters and specification of UPS systems	Relevance with respect to energy consumption	Relevance with respect to quality		Additional criteria
		Process-oriented	Availability	
Harmonic distortion and power factor				
THD of the current at normal operation	X	X		
Individual harmonic currents at the input	X	X		
Behaviour at the switch on	X	X		
Absorption of control signals	X	X		
Phase shift (cosphi)	X	X		
Power factor (λ)	X	X		
Behaviour at the change-over from battery to network operation		X		
Load				
Maximum real, active and reactive power	X			
Losses depending of the load	X			
Behaviour at overload	X	X		X
Behaviour at short circuit		X		X
Behaviour at non-linear load	X	X		
Behaviour at dynamic load changes		X		
Behaviour at asymmetric linear and non-linear load	X	X		
Battery / Charge of the battery				
Battery autonomy time (Capacity)	X			X
Floating charge voltage			X	X
Battery ripple current			X	X
Charge Current			X	X
Automatic test of battery			X	X
Exhaustive discharge protection			X	X
Maximum number of charge and discharge cycles				X
Maintenance costs				X
Security				
Person security				X
System safety			X	
Protection from false manipulation and unauthorized manipulation			X	
Immunity against electrostatic unloading			X	
Information				
Status indication locally				X
Interface for the signal forwarding and the remote control				X
Costs				
Capital outlays (UPS system, secondary systems such as ventilation and cooling)				X
Operating costs (operating and monitoring, energy losses as well as necessary ventilation and cooling)				X
Maintenance costs				X

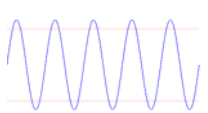
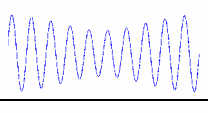
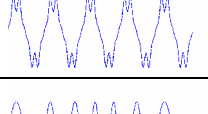
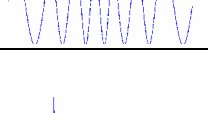
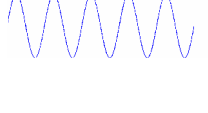
UPS Systems

Q/E-Matrix

Model:	Nominal active power (P_{Nom}):
Manufacturer:	Nominal apparent power (S_{Nom}):

Net voltage during normal operation (U_{NORM} according to EN 50160)

	Voltage Frequency	230 V +/- 10 % 50 Hz +/- 1.0 %
---	----------------------	-----------------------------------

Net disturbances (Input)		Filtering of net disturbances (Output)			
	Disturbance (Measurement procedure) Range	Normal operation through UPS Path		Normal operation through bypass (before net disturbance)	
		U_{NORM} o.k. ?	Deviation of U_{NORM}	U_{NORM} o.k. ?	Deviation of U_{NORM}
	Outage (Chap. 2) $t_{\text{UI}} > 1 \text{ s}$	Yes/No		Yes/No	
	Voltage interruption (Chap. 4.1, 4.5 – 4.7) $t_{\text{UI}} < 1 \text{ s}$	Yes/No		Yes/No	
	Over- and undervoltages (Chap. 3.1 – 3.4) $\Delta U_I = \pm 10 \%$ $\Delta U_I = \pm 25 \%$	Yes/No		Yes/No	
	Voltage sags / brownouts (Chap. 4.1 – 4.4) $\Delta U_I = - 30 \%$ $\Delta U_I = - 60 \%$	Yes/No		Yes/No	
	Harmonic voltages (Chap. 5) Distortion level class 3 according to IEC 61000-4-13	Yes/No		Yes/No	
	Frequency variations (Chap. 3.1; 3.5 – 3.7) $\Delta f_{\text{Step}} = \pm 10 \%$ $\Delta f_{\text{Cont}} = \pm 10 \%$	Yes/No		Yes/No	
	Transients (Chap. 6) Fast transients according to IEC 61000-4-4	Yes/No		Yes/No	
	Energy loaded transients according to IEC 61000-4-5	Yes/No		Yes/No	

Legend:

U_{NORM} Normal voltage according to EN 50160
(230 V +/- 10 %; 50 Hz +/- 1.0 %)

P_{Nom} Max. continuous nominal output power
at linear ohmic load

S_{Nom} Max. continuous nominal output power
at non-linear load according to EN/IEC 62040-31

Load:

50 % linear ohmic load

The transients are measured at 50 % linear ohmic load
or at a load of maximum 16 A / phase at UPS-Systems
with a power higher than 20 kVA

UPS Systems

Q/E-Matrix

Power factor and harmonic currents during normal operation at the input at 230 V
 (Measurement procedure chap. 7)

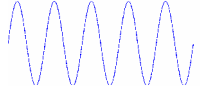
Normal operation through UPS-Path			Load at the output
Power factor	THD of the input current	Individual harmonic currents	
$\lambda =$	k = %		at 100 % linear ohmic load (P_{Nnom})
$\lambda =$	k = %		at 100 % non-linear load according to EN/IEC 62040-3 (S_{Nnom})
$\lambda =$	k = %		at maximum output current (Power factor $\lambda =$)
$\lambda =$	k = %		at 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetric non-linear load according to EN/IEC 62040-3
Normal operation through bypass			Load at the output
Power factor	THD of the input current	Individual harmonic currents	
$\lambda =$	k = %		at 100 % linear ohmic load (P_{Nnom})
$\lambda =$	k = %		at 100 % non-linear load according to EN/IEC 62040-3 (S_{Nnom})
$\lambda =$	k = %		at maximum output current (Power factor $\lambda =$)
$\lambda =$	k = %		at 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetric non-linear load according to EN/IEC 62040-3

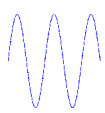
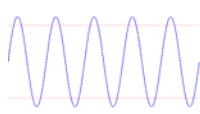
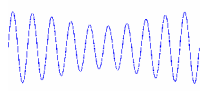
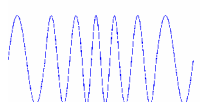
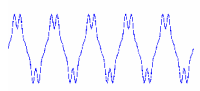
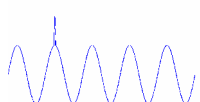
Losses and efficiency during normal operation
(Input voltage $U_i = 230 \text{ V} \pm 10 \%$)
 (Measurement procedure chap. 8)

Normal operation through UPS-Path								
Power	Losses (in W) and efficiency (in %) during normal operation through UPS-Path with							
	Linear ohmic load		Non-linear load according to EN/IEC 62040-3		Maximum output current ($\lambda =$)		Asymmetric non-linear load according to EN/IEC 62040-3	
50 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	W	%
75 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
100 % Nom. power	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby Losses: W at $U_{out} = 230 \text{ V}$ and $I_{out} = 0 \text{ A}$								
Normal operation through bypass								
Power	Losses (in W) and efficiency (in %) during normal operation through bypass with							
	Linear ohmic load		Non-linear load according to EN/IEC 62040-3		Maximum output current ($\lambda =$)		Asymmetric non-linear load according to EN/IEC 62040-3	
50 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	W	%
75 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
100 % Nom. power	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby Losses: W at $U_{out} = 230 \text{ V}$ and $I_{out} = 0 \text{ A}$								

Mains supply checklist

Part 1: Quality of the supply network

Supply voltage at normal operation (according to EN 50160)		
	95 % during each period of one week: Voltage 230 V +/- 10 % Frequency 50 Hz +/- 1 % 100 % during each period of one week: Frequency 50 Hz + 4 /- 6 %	☐ Supply voltage at normal operation according to EN 50160 fulfilled

Net disturbances		
	Disturbance Possible cause	Evaluation Probability of occurring; Size of the net disturbance
	Outage Storms Failure of transformers or generators	Always possible
	Voltage interruption Storms, Switching operations on network Short circuits	Always possible
	Over- and undervoltage Network overloads, underloads	☐ frequently $\Delta U =$ ☐ rarely $\Delta U =$ ☐ never
	Voltage sags / brownouts Major fluctuations in load	☐ frequently $\Delta U =$ ☐ rarely $\Delta U =$ ☐ never
	Frequency variations Rarely at the UCTE network Possible at isolated operation or at emergency operation	☐ No isolated network with emergency operation $\rightarrow \Delta F$ is negligible ☐ Isolated network with emergency operation $\rightarrow \Delta F =$
	Harmonic voltages Harmonics caused by DC and AC converters Phased network components	Dependent on other consumers; THD of voltage $K_U =$
	Transients Lightning strikes, Switching operations, Short circuits, DC/AC converters	Always possible; Fast transients according to IEC 61000 4-4 $U_{Peak} =$ Energy loaded transients according to IEC 61000 4-5 $U_{Peak} =$

Short circuit power of the supply network S_{KV} at the point of connection

$S_{KV} =$

Mains supply checklist

Part 2: Requirements placed by the mains network on electrical devices

Minimum power factor $\lambda_{\min} =$

Emission limit values for individual harmonic currents I_v								
v	3	5	7	11	13	17	19	> 19
p_v	6 (18)*	15	10	5	4	2	1.5	1
I_v								
$I_v / I_A = p_v / 1000 * \text{sqr}(S_{KV} / S_A)$				S_{KV} = Short circuit power of the supply network at the point of connection = S_A = Connected load (power) of the consumers = I_A = Current at S_A = *) The value set in parentheses applies to the neutral conductor				

Emission limit values for all harmonic currents $THDi_A$
$THDi_A = \text{sqr}(\sum_{v=2}^{40} I_v^2) / I_A \leq 0.02 * \text{sqr}(S_{KV} / S_A) =$

[illegible]

Checklist of electrical devices

Part 2: Quality of electrical devices

Device	Ref. No.	Power (VA)	Simultaneity factor	Relation to the power			Power of the producer of harmonics *)		
				Power factor λ	Active power (W)	Reactive power total including the harmonics (Var)	Not considered THDi < 105% (yes/no)	Group 1 10% <= THDi <= 25% (VA)	Group 2 THDi > 25% (VA)
All devices		$S_A =$		$\lambda =$				$S_{Gr.1} =$	$S_{Gr.2} =$
							Power of the producer of harmonics S_{OS}		
							$S_{OS} = 0.5 * S_{Gr.1} + S_{Gr.2} =$		
							Proportion of harmonic distortion		
							$S_{OS} / S_A =$		

*) THDi = Total harmonic distortion of the current
of a single device

April 2004

Criteria for switching between Bypass and UPS Mode

prepared by

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

This study has been carried out on behalf of Swiss Federal Office of Energy. All contents and conclusions are the sole responsibility of the authors.

This report is available also in German.

Please refer to the following web site for additional information concerning the Swiss Federal Office of Energy "Electricity" programme:
www.electricity-research.ch

CONTENTS

1.	Introduction	1
2.	Definition of the bypass mode	1
2.1.	Normal operation via bypass	1
2.2.	Conditions for normal operation via bypass.....	1
2.3.	Requirements for the control of the UPS system.....	2
3.	Switching of operation via bypass to operation via UPS path.....	3
3.1.	General requirements for the output voltage	3
3.2.	Minimum requirements for the output voltage	3
3.3.	Criteria for switching of the operation via Bypass to the operation via UPS path	3
4.	Switching of operation via UPS path to operation via bypass.....	4
4.1.	Method of switching.....	4
4.2.	Criteria for automatically switching of the operation via UPS path to the operation via bypass	4
4.3.	Additional requirements.....	4
5.	Recording in the Q/E-matrix.....	5

1. INTRODUCTION

UPS systems, which are operated during normal operation via bypass, must be switched in the event of a disturbance or interruption automatically to the operation via UPS path.

The return of the operation via UPS path to the operation via bypass may take place only after a stabilization phase. Thus it is avoided that in consequence of unstable net conditions repeated switching between the operation via UPS path and the operation via bypass take place.

The normal operation via bypass and the criteria for switching between the bypass and the UPS path are described in the following.

2. DEFINITION OF THE BYPASS MODE

2.1. NORMAL OPERATION VIA BYPASS

At normal operation via bypass a UPS system is operated with low losses.

Here the power supply in normal operating mode is fed to the electrical device via the static bypass. Energy losses are at their lowest in this operating mode, as long as the various components (rectifier/converter, 4-quadrant converter) are not switched on permanently. In accordance with standard EN/IEC 62040-3, operation via bypass refers to passive standby operation.

The static bypass is used also to bypass the UPS path at a disturbance of individual components of the UPS system.

2.2. CONDITIONS FOR NORMAL OPERATION VIA BYPASS

At normal operation via bypass it is to be ensured that automatically a periodic test of

- the battery charge capacity and
- the converter function

takes place.

2.3. REQUIREMENTS FOR THE CONTROL OF THE UPS SYSTEM

Dependent on the supplied load the requirements for the uninterruptible voltage supply can be different. It is quite possible that continuously "Operation via bypass" is sufficient, or that e.g. during the work times, i.e. with large load, in an enterprise a switching from "Operation via bypass" to the "Operation via UPS path" is not tolerable, probably however outside of the work times, i.e. with small load. Therefore the following requirements exist to the control of the UPS system:

- The modes of operation "Normal operation via UPS path" and "Normal operation via bypass" must be able to be selected by the plant operator firmly. A switching between these two modes of operation takes place only at disturbances or interruptions in the net or at internal disturbances of the UPS system.
- The modes of operation "Normal operation via UPS path" and "Normal operation via bypass" are selected dependent on the load. A switching between the two modes of operation takes place dependent on output current I_{Out} . The plant operator must be able to adjust in addition on the UPS system a limit value of the output current. Underneath this limit value, i.e. with small load, the UPS system switches automatically to "Normal operation via bypass". Above the limit value, i.e. with large load, the UPS system switches automatically to "Normal operation via UPS path".
- After an automatic switching between the two modes of operation in consequence of a net or a component disturbance as well as the periodic tests or the battery recharge the UPS system must change to the previous selected mode of operation after reaching again the mains supply free of disturbances.

3. SWITCHING OF OPERATION VIA BYPASS TO OPERATION VIA UPS PATH

3.1. GENERAL REQUIREMENTS FOR THE OUTPUT VOLTAGE

In the case of a switching of the operation via bypass to the operation of UPS path in consequence of a disturbance or interruption of the net the output voltage of the UPS system may leave only briefly the tolerance band of the nominal voltage in accordance with EN 50160, i.e. during the time, which is necessary for switching off the fault.

3.2. MINIMUM REQUIREMENTS FOR THE OUTPUT VOLTAGE

In the case of a switching of the operation via bypass to the operation of UPS path in consequence of a disturbance or interruption of the net the following minimum requirements for the output voltage must be fulfilled:

- The maximum switching time, i.e. a interruption of the output voltage, may not exceed 20 ms.
- A sudden phase change may not arise.

3.3. CRITERIA FOR SWITCHING OF THE OPERATION VIA BYPASS TO THE OPERATION VIA UPS PATH

A switching of the operation via bypass to the operation of UPS path in consequence of a disturbance or interruption of the net may take place only if the tolerance band of the nominal voltage according to EN 50160 during a certain time is exceeded.

For a switching of the operation via bypass to the operation of UPS path the following criteria apply, whereby the specified values are to be only regarded as approximate values:

- The input voltage is outside of the following voltage envelopes:
 - $U_{In} > 125 \% U_{Nom}$ or $U_{In} < 75 \% U_{Nom}$ for longer than 2 ms
 - or
 - $U_{In} > 110 \% U_{Nom}$ or $U_{In} < 90 \% U_{Nom}$ for longer than 500 ms.
- The frequency of the input voltage is for longer than 500 ms over 102.5 % (> 51.25 Hz) or under 97.5 % (< 48.75 Hz).

The values of the switching criteria shall be freely programmable or at least shall be adjusted by the supplier in accordance with specification. The values of the switching criteria shall be defined so that the UPS system can be operated via bypass as long as possible, which is fulfilled with the indicated approximate values.

4. SWITCHING OF OPERATION VIA UPS PATH TO OPERATION VIA BYPASS

4.1. METHOD OF SWITCHING

The uninterruptible switching back of the operation via UPS path to the operation via bypass can take place manually or automatically.

4.2. CRITERIA FOR AUTOMATICALLY SWITCHING OF THE OPERATION VIA UPS PATH TO THE OPERATION VIA BYPASS

An automatically switching back of the operation via UPS path to the operation via bypass may take place only if the input voltage is below the switching criteria during a certain time, e.g. 10 s. Thereby the following criteria apply, whereby the specified values are to be only regarded as approximate values:

- The input voltage is within the following voltage envelope:
 $U_{In} < 110 \% U_{Nom}$ und $U_{In} > 90 \% U_{Nom}$ for longer than 10 s.
- The frequency of the input voltage is for longer than 10 s under 102.5 % (< 51.25 Hz) and over 97.5 % (> 48.75 Hz).

Alternative to the time criteria for switching back to the operation via bypass also a hysteresis of the limit values can be used. At this alternative a switching back of the operation via UPS path to the operation via bypass takes place only if the input voltage is within e.g. 80 % of the tolerance band according to EN 50160.

The values of the switching criteria shall be freely programmable or at least shall be adjusted by the supplier in accordance with specification. The values of the switching criteria shall be defined so that the switching back to operation via bypass occurs only if the mains supply is stabilized, in order to avoid repeated switching between the operation via UPS path and the operation via bypass.

4.3. ADDITIONAL REQUIREMENTS

After switching back of the operation via UPS path or a possible emergency operation to the operation via bypass the battery must be recharged and held at the floating charge voltage.

5. RECORDING IN THE Q/E-MATRIX

In the case of a switching of the operation via bypass to the operation of UPS path in consequence of a disturbance or interruption the output voltage fulfils the nominal voltage U_{Nom} , if during the switching the minimum requirements of the output voltage and after the switching the conditions according to EN 50160 are fulfilled.

The duration of the interruption of the output voltage is to be indicated in the Q/E matrix.

Possible deviations of the output voltage from EN 50160 after the switching are to be indicated in the Q/E matrix too.

March 2005

Test and Measurement Procedures to set up the Quality-/Energy-Matrix for UPS

prepared by

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

This study has been carried out on behalf of Swiss Federal Office of Energy. All contents and conclusions are the sole responsibility of the authors.

Please refer to the following web site for additional information concerning the Swiss Federal Office of Energy "Electricity" programme:
www.electricity-research.ch

TESTING PROCEDURES FOR UPS

Contents

1	General definitions applicable for all measurements	2
1.1	Application of the testing procedures for UPS	2
1.2	UPS input specifications	2
1.3	General ambient service conditions	2
1.4	Explanations of the modes of operation used in the Q/E Matrix.....	2
1.5	Measuring devices	2
1.6	Assessment of the dynamic behaviour of a system	2
1.7	The various types of loads.....	3
2	Testing of a network failure caused by an interruption	6
2.1	Definitions concerning failure of AC input	6
2.2	Specified measurement criteria and parameters	6
3	Testing of overvoltage / undervoltage and of frequency variations.....	8
3.1	Definitions (applicable for both measurement procedures)	8
3.2	Definitions concerning over- and undervoltage	8
3.3	Specified measurement criteria and parameters for over- and undervoltage	8
3.4	Definitions concerning frequency variations	9
3.5	Specified measurement criteria and parameters for frequency variations	9
4	Testing of network voltage fluctuations and supply failures	11
4.1	Definitions (applicable for network voltage fluctuations and supply failures).....	11
4.2	Definitions concerning voltage drops	11
4.3	Specified measurement criteria and parameters for voltage drops	13
4.4	Definitions concerning the power supply fluctuations	14
4.5	Specified measurement criteria and parameters for power supply fluctuations.....	15
5	Testing of voltage distortion	16
5.1	Definitions concerning voltage distortion	16
5.2	Specified measurement criteria and parameters of voltage distortion	21
6	Testing of energy loaded transients.....	22
6.1	Definitions concerning energy loaded transients	22
6.2	Specified measurement criteria and parameters of energy loaded transients.....	25
7	Testing of fast transients.....	26
7.1	Definitions concerning fast transients.....	26
7.2	Specified measurement criteria and parameters of fast transients.....	27
8	Measurement of power factor and harmonic distortion	28
8.1	Definitions	28
8.2	Specified measurement criteria and parameters of power factor and harmonic currents.....	34
9	Measurement of losses and efficiency	37
9.1	Definitions	37
9.2	Specified measurement criteria and parameters for losses and efficiency	37
10	Appendix A: Overview of standards referred to in this manual	39
10.1	UPS product standards	39
10.2	Definition of measuring procedures.....	39
10.3	EMV standards (to which reference is made in UPS product standards)	39
10.4	Standards concerning resistance (to which reference is made in EN 50091-2 & EN/IEC 62040-2)	39
10.5	EMV standards that include the above topics.....	39
10.6	Standard concerning quality of network voltage	40
10.7	Standard concerning accumulators and battery systems.....	40
11	Appendix B: Quality-/Energy-Matrix	41

1 General definitions applicable for all measurements

1.1 Application of the testing procedures for UPS

This document defines the tests that have to be done to fill in the Quality-/Energie-Matrix for UPS (Q/E-Matrix; see Appendix B). The details to the tests i.e. how to do them is defined in IEC 62040-3. Each Test listed in this document refers to IEC 62040-3.

1.2 UPS input specifications

For the UPS input specifications refer to IEC 62040-3 paragraph 5.2.

1.3 General ambient service conditions

For the general ambient service conditions refer to IEC 62040-3 paragraph 4.

1.4 Explanations of the modes of operation used in the Q/E Matrix

All measurements are carried out in "Normal mode" and "Bypass mode".
For the modes of operation refer to IEC 62040-3 Annex B.

Normal mode

Here the power supply is fed to the connected electrical device by the UPS-Path, i.e. depending on the configuration of the UPS through the double conversion, through the power interface or is supplied directly from mains at UPS with passive stand-by.

For normal mode of UPS operation refer to IEC 62040-3 paragraph 3.2.13.

Bypass mode

Here the power supply is fed to the electrical device via the static bypass.

For bypass mode of UPS operation refer to IEC 62040-3 paragraph 3.2.15.

1.5 Measuring devices

According to IEC 62040-3 paragraph 6.3, Instruments used for the measurement of electrical parameters shall have sufficient bandwidth to accurately measure true r.m.s value on waveforms which may be other than a fundamental sinewave, i.e. having considerable harmonic content.

The measurements can be accomplished by the use of conventional memory oscilloscopes and high performance multimeters and wattmeters using analogue or digital technologies.

Whichever type of instrumentation is used, its accuracy shall be in relation to the characteristic being measured and regularly calibrated in accordance with national standards.

1.6 Assessment of the dynamic behaviour of a system

According to the Q/E Matrix, in the event of a network disturbance it is necessary to assess how efficiently the problem is solved at the output of the UPS. This is done by observing the dynamic behaviour of the output voltage. At a disturbance at the input of the UPS the behaviour of the output voltage is measured. The specified measurement criteria are the overshoot and the total stabilisation time (cf. Fig. 1: Definition of dynamic parameters).

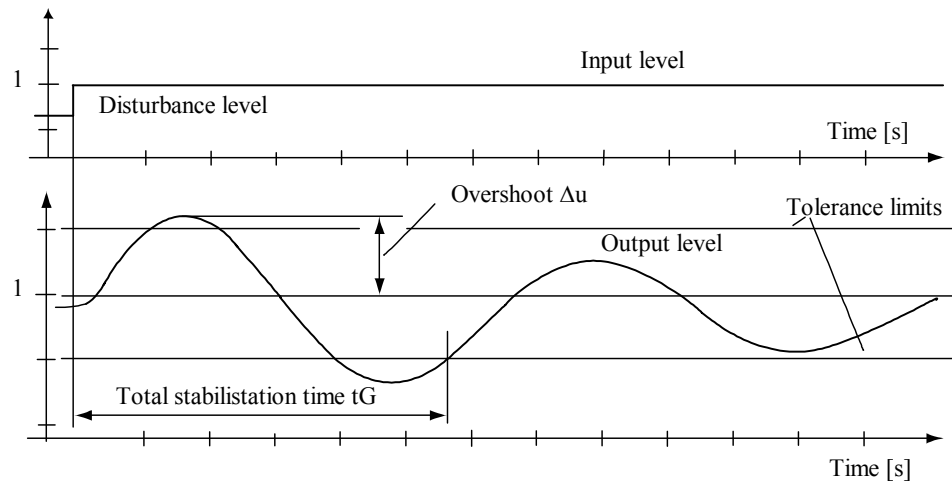


Fig. 1: Definition of dynamic parameters

As tolerance thresholds we use the levels defined in the standard EN 50160 (230 V $\pm$ 10%, 50 Hz $\pm$ 1%).

The primary criterion is the overshoot. If the tolerance bandwidth for the output voltage is not exceeded at any time following the occurrence of a disturbance at the input, the system concerned meets our requirements. In the Q/E-Matrix, a "yes" is entered in the U_{NORM} column for the tested type of disturbance, since the system was able to solve the problem. In this case, the duration of the stabilisation process is not relevant – the total stabilisation time is of no consequence.

However, if the tolerance bandwidth should be exceeded following a disturbance at the input, a "no" should be entered in the U_{NORM} column for the tested type of disturbance. The overshoot level and total stabilisation time should also be noted and entered in the Q/E-Matrix.

1.7 The various types of loads

1.7.1 Linear ohmic load

Linear ohmic load is a resistive load through which a current flows at a given rated voltage. The current is so large that the output capacity is 100 %, 75 % or 50% of the maximum active output power (P_{Nom1}) of the UPS depending on the requirements of the testing procedure. In the case of three-phase supply, the output capacity must be distributed evenly over each phase. The total output capacity must equal to 100%, 75 % or 50% of the maximum active output power of the UPS.

¹ P_{Nom1} is equivalent to the maximum permanent active output power at 100% linear resistive load.

1.7.2 Non-linear load

Non-linear load is defined and used for the tests in accordance with IEC 62040-3 Appendix E.

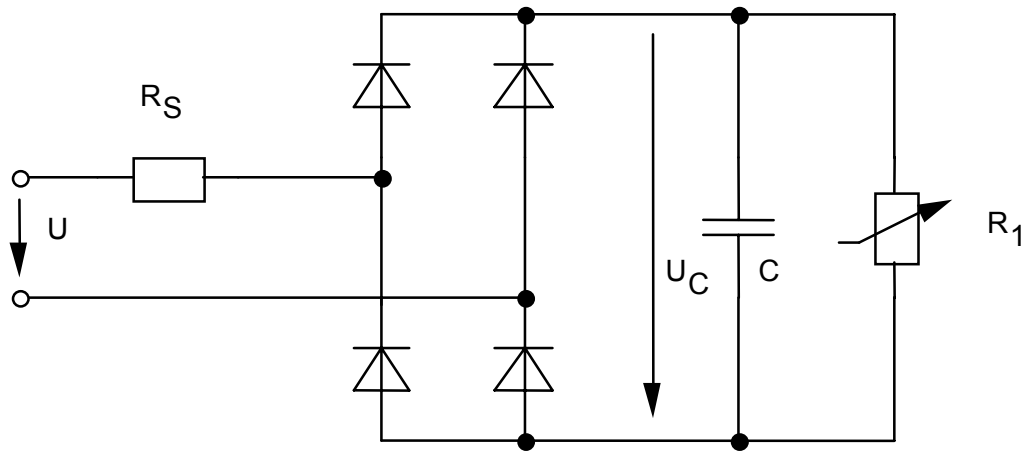


Fig. 2: Non-linear reference load in accordance with IEC 62040-3 Appendix E

The resulting apparent power across the non-linear load corresponds to the nominal apparent power (S_{Nom}) of the UPS according to IEC 62040-3 depending on the requirement of the test procedure.

In the case of three-phase supply, the output capacity must be distributed evenly over each phase.

1.7.3 100%, 75% or 50% non-linear load:

100%, 75% or 50% non-linear load is a load as per Fig. 2: Non-linear reference load in accordance with IEC 62040-3 Appendix E that with a given nominal voltage draws a current that is strong enough to ensure that the output capacity is equivalent to 100%, 75% resp. 50% of the rated apparent power depending on the requirements of the testing procedure. In the case of three-phase supply, the output capacity must be distributed evenly over each phase. The total output capacity must equal to 100%, 75% resp. 50% of the apparent power of the UPS.

1.7.4 Maximum output current:

Maximum output current is the maximum possible current that flows at a given rated voltage through a resistive-inductive load. The current is so large that the output capacity is the maximum apparent output power (S_{Nom}) of the UPS.

In the case of three-phase supply, the output capacity must be distributed evenly over each phase.

The output power factor (λ) is depending on each specific UPS.

1.7.5 0-10%, 50%, 100% asymmetric non-linear load:

0-10%, 50%, 100% asymmetric non-linear load is only possible at 3-phase UPS. The individual conductors are supplied with a load as per Fig. 2: Non-linear reference load in accordance with IEC 62040-3 Appendix E.

The first phase is dimensioned so that a current flows through it at a given rated voltage which is so great that the apparent output of this phase is 1/3 of the rated apparent power of the UPS.

The second phase is dimensioned so that a current flows through it at a given rated voltage which is so great that the apparent power of this phase is $1/6$ of the rated apparent power of the UPS.

The third phase is dimensioned so that a current flows through it at a given rated voltage which is so great that the apparent power of this phase is $1/30$ or less of the rated apparent power of the UPS.

The total of all three phases corresponds to about 50 % of the rated apparent power of the UPS.

2 Testing of a network failure caused by an interruption

2.1 Definitions concerning failure of AC input

2.1.1 Failure of AC input

This test is carried out using a standard commercial battery by switching off the input power supply of the UPS system or simultaneously switching off all rectifiers and bypass devices.

The changes in the output voltage are measured from the point of view of the specified tolerances, and the change in frequency also has to be measured.

It is important that the UPS system does not suffer any damage due to the failure of a phase during operation or as the result of an incorrect phase sequence in a three-phase system.

The power supply failure should be brought about by interrupting the alternating current as far ahead of the UPS system as is deemed reasonably practicable.

2.1.2 High-impedance network failure

A high-impedance network failure is equivalent to an interruption of the power supply. The level of the network impedance before the UPS input clamps is unlimited.

2.1.3 Low-impedance network failure

A low-impedance network failure is equivalent to a short circuit in the power supply. The level of the network impedance before the UPS input clamps is very low.

2.2 Specified measurement criteria and parameters

Duration of network interruption, at least 1 second, according to IEC 62040-3, paragraph 6.3.6.1.

Input parameters according to IEC 62040-3, paragraphs 6.3.6.1 and 6.1.3: $U_{in} = U_{nom}$, $f_{in} = f_{nom}$,

Modes of operation: Normal mode to Stored energy mode and
Bypass mode to Stored energy mode.

Measurement of the phase jump is carried out during the first period after the network failure has occurred.

The overshoot and total stabilisation time are depicted in Fig. 1: Definition of dynamic parameters.

The Test method shall be in accordance with IEC 62040-3, Annex G.

The following tests have to be done with 100 % linear resistive load

Parameters		Measurements			
The time (phase angle) of the interruption: a) where the input voltage waveform passes through zero b) at the peak of the input voltage waveform		Overshoot		Total stabilisation time	
		3 measurements		3 measurements	
		M.1	M.2	M.3	M.1 M.2 M.3
Normal mode at:	High-impedance network failure and time a)				
	High-impedance network failure and time b)				
	Low-impedance network failure and time a)				
	Low-impedance network failure and time b)				
Bypass mode at:	High-impedance network failure and time a)				
	High-impedance network failure and time b)				
	Low-impedance network failure and time a)				
	Low-impedance network failure and time b)				

Table 1: Tests of network failure caused by an interruption

3 Testing of overvoltage / undervoltage and of frequency variations

3.1 Definitions (applicable for both measurement procedures)

In according to IEC 62040-3 paragraph 6.3.2 the UPS system operates in Normal mode and Bypass mode and the output loaded at rated apparent output power.²

The input voltage of the UPS system is produced with a generator, the output impedance of which is so low that the input voltage complies with IEC standard 61000-2-2: Maximum proportions of individual harmonics as per IEC 61000-2-2.

3.2 Definitions concerning over- and undervoltage

3.2.1 Steady-state input voltage tolerance

The test of the steady-state input voltage tolerance has to be in according to IEC 62040-3, paragraph 6.3.2.1

According to the Q/E Matrix, measurements should be made at $\pm 10\%$ and $\pm 25\%$. Only the stationary levels should be measured. Dynamic processes are dealt with under voltage fluctuations.³

3.2.2 Time at which measurement is made

Measurement of the output voltage is carried out after any transient effects have subsided.

3.3 Specified measurement criteria and parameters for over- and undervoltage

The following tests have to be done with 100 % linear apparent load.

Parameter			Measurement levels	
Input voltage			Output voltage U_{Out} in normal mode	Output voltage U_{Out} in Bypass mode
Only phase L1 varied, Phases L2 and L3 Rated voltage	172 V	75%		
	207 V	90%		
	253 V	110%		
	287 V	125%		
all 3 phases are set to the reduced or increased levels	172 V	75%		
	207 V	90%		
	253 V	110%		
	287 V	125%		

Table 2: Tests of over- and undervoltage

² Loads as per Q/E Matrix.

³ In accordance with the relevant standard, in normal mode the UPS system must remain above the tolerance range specified by the manufacturer. It must also be possible to recharge the battery if necessary. When the UPS device prevents normal operation above the level of $+10\%$ of the input voltage in that it switches to battery mode, the level of the output voltage prior to the change in operating mode should be recorded.

When the highest level of input voltage is attained, the input of the system being tested should be inspected to verify that operation is secured without damage to the power circuit.

Since we specify the threshold levels for the Q/E Matrix, these measurements are not carried out.

3.4 Definitions concerning frequency variations

3.4.1 Testing after a change of input frequency

The test of the variations of the input frequency has to be in according to IEC 62040-3, paragraph 6.3.2.2

According to the Q/E Matrix, measurements should be made at $\pm 10\%$ of nominal frequency with a sudden frequency change as with a continual frequency change.⁴

3.4.2 Testing of synchronisation and the speed of frequency change

The test of the synchronisation and the speed of frequency change have to be in according to IEC 62040-3, paragraphs 6.6.5 and 6.6.5.1.

3.5 Specified measurement criteria and parameters for frequency variations

In a first series, the input frequency should be subjected to sudden changes. This can be achieved by switching loads on and off parallel to the UPS system. This may be problematic for high capacities. The jump should correspond to $\pm 10\%$ of the nominal frequency. Here the maximum dynamic (Δf_{Outdyn}) and static ($\Delta f_{\text{Outstat}}$) deviation of the output frequency (f_{Out}) and nominal frequency (f_{Nom}) are calculated.

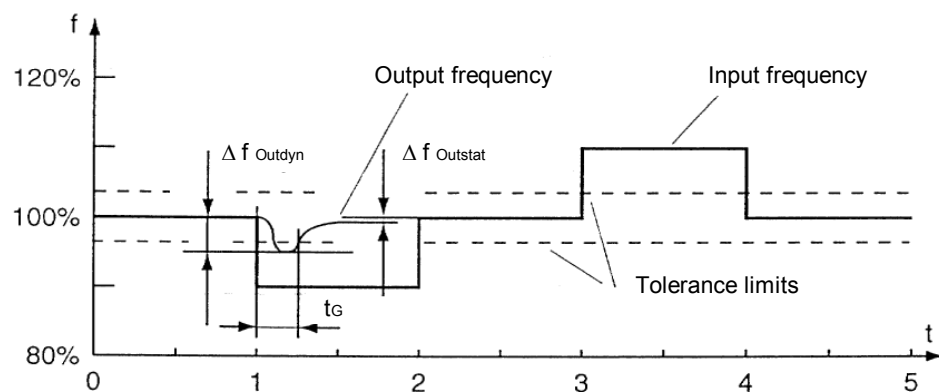


Fig. 3: Measurement of the dynamic behaviour of the output frequency with sudden frequency change at the input (tolerance thresholds $\pm 1\%$).

$$\Delta f_A = f_{\text{Nom}} - f_{\text{Out}}$$

⁴ In accordance with the relevant standard, in normal mode the UPS system must remain above the tolerance range specified by the manufacturer. It must also be possible to recharge the battery if necessary. When the UPS device prevents normal operation above the level of $+10\%$ of the input voltage in that it switches to battery mode, the level of the output voltage prior to the change in operating mode should be recorded.

When the highest level of input voltage is attained, the input of the system being tested should be inspected to verify that operation is secured without damage to the power circuit.

Since we specify the threshold levels for the Q/E Matrix, these measurements are not carried out.

In a second series, the input frequency should be subjected to continual changes. The decrease or increase of the frequency should correspond to $\pm 10\%$ of the nominal frequency. The same values should be determined as with the first series.

The device being tested has to be measured for each selected combination of testing level and frequency changes as follows: Each measurement should be carried out three times. The separate measurements should be made at intervals of 10 seconds.

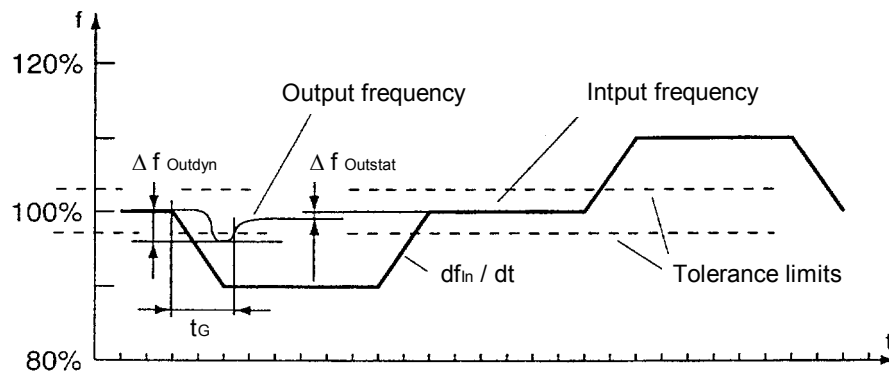


Fig. 4: Measurement of the dynamic behaviour of the output frequency with continual frequency change at the input (tolerance thresholds $\pm 1\%$).

$$Df_{in} / dt = 0.1 \text{ Hz} / T_{per} \quad T_{per} = 1 / f_{Nom}$$

The voltage is at nominal level.

The following tests have to be done with 100 % linear apparent load.

Parameters			Measurement levels								
Mode of operation:	Network frequency [Hz]		Δf_{Outdyn} [Hz]			t_{Gdyn} [s]			$\Delta f_{Outstat}$ [Hz]		
			1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Normal mode	Sudden frequency change	50=>45									
		45=>50									
		50=>55									
		55=>50									
	Continual frequency change	50=>45									
		45=>50									
		50=>55									
		55=>50									
Bypass mode	Sudden frequency change	50=>45									
		45=>50									
		50=>55									
		55=>50									
	Continual frequency change	50=>45									
		45=>50									
		50=>55									
		55=>50									

Table 3: Tests of frequency variations

4 Testing of network voltage fluctuations and supply failures

4.1 Definitions (applicable for network voltage fluctuations and supply failures)

The test of the network voltage fluctuations and supply failures shall be carried out in accordance with IEC 61000-4-11. Only brief interruptions are measured.⁵

4.1.1 Scope of application

IEC 61000-4-11 applies to electrical and electronic appliances whose input current does not exceed 16 A per conductor.⁶

4.1.2 Generators used for testing purposes

The generator must be configured in such a way that any pronounced emissions can be avoided that may interfere with the results of the test when power is fed into the mains network.

4.1.3 Power supply

The frequency of the test voltage must be within $\pm 2\%$ of the nominal frequency.

4.2 Definitions concerning voltage drops

4.2.1 Definition of voltage drop

The voltage drop is defined as a sudden reduction in voltage at a given point in the electrical system followed by a restoration of the original voltage. The duration of the voltage drop is from a half-wave to a few seconds (IEV 161-08-10, modified).

4.2.2 Sequence of a voltage drop

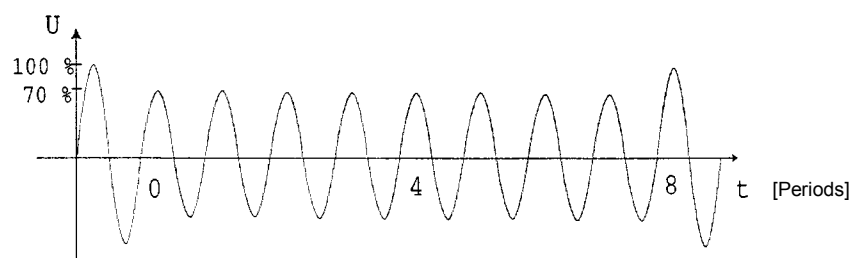


Fig. 5: Example of the sequence of a voltage drop

The transition from U_{Nom} to the changed voltage is sudden. The jump may begin or end at any phase angle of the network voltage.

⁵ This standard also covers other power supply failures and voltage fluctuations. However, in the Q/E Matrix it is precisely these disturbances that are measured, hence the use of this standard.

⁶ In practice, the same measurements are carried out for systems with a greater conductor current.

4.2.3 Overriding voltage level and duration for voltage drops:

Testing level [% U_{Nom}] of reduced voltage corresponds to input voltage U_{IN}		Duration [in semi-oscillations]
A	0	0.5 (positive voltage => within range 0° to 180°) cf. Fig 9: ¼ period from a full sinus oscillation that only occurs in the positive range.
B	0	0.5 (negative voltage => within range 180° to 360°)
C	40	1
D	40	5
E	40	10
F	40	25
G	40	50
H	70	x (cf. Note 4 below)

Table 4: Overriding voltage level and duration for voltage drops

Note 1: One or more of the above-mentioned levels and durations may be selected.

Note 2: If the system is to be tested for voltage drops of 100%, it is generally not necessary to test with other levels for the same duration. However, there are certain cases (e.g. security systems or electro-mechanical installations) in which this does not apply. The product standards or relevant committee should indicate those cases in which this note applies.

Note 3: "x" is a duration of any desired length. It may be specified in the product standards. Power supply companies in Europe have measured drops and short-term interruptions with a duration between 1 and 3,000 semi-oscillations, though the most common duration is 50 semi-oscillations.

Note 4: Every duration may be used for each testing level.

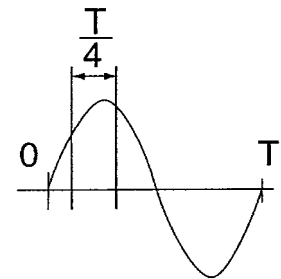


Fig. 6: ¼ period from a full sinus oscillation that only occurs in the positive range.

4.2.4 Suggested testing levels and duration for voltage drops for measurements for the Q/E Matrix:

Testing level [% U_{Nom}] of reduced voltage corresponds to input voltage U_{IN}		Duration [in semi-oscillations]
A	0	10
B	40	50
C	70	50

Table 5: Suggested testing levels and duration for voltage drops for the Q/E Matrix

4.2.5 Performance of test

The device to be tested must be tested for each combination of test level and duration with a series of three voltage drops/interruptions at intervals of at least 10 seconds (between each test). Each representative mode of operation⁷ has to be tested.

Sudden changes in the supply voltage have to occur at zero voltage and with additional phase angles that are regarded by the product committee or relevant product standard as critical.⁸

For three-phase systems, the preferred procedure is to test one conductor after the other. In certain cases, e.g. three-phase power supply, all three conductors should be tested simultaneously. For simultaneous measurement of failures or interruptions in all three phases, the provisions stipulated in IEC 61000-4-11, paragraph 6.1 for zero voltage only apply for one phase.

4.3 Specified measurement criteria and parameters for voltage drops

Each measurement should be carried out three times. The separate measurements should be made at intervals of 10 seconds.

The following tests have to be done with 100 % linear ohmic load.

Parameters			Measurement levels					
The time (phase angle) of the interruption is random			Overshoot			Total stabilisation time		
			3 measurements			3 measurements		
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 1	M. 2	M. 3
Normal mode	Fluctuation in any desired random selected phase	A						
		B						
		C						
	All 3 phases are set to lower or higher values	A						
		B						
		C						
Bypass mode	Fluctuation in any desired randomly selected phase	A						
		B						
		C						
	All 3 phases are set to lower or higher values	A						
		B						
		C						

Table 6: Tests of voltage drops

⁷ The modes of operation as per Q/E Matrix have to be measured.

⁸ For practical reasons we suggest selecting the switching times randomly (analogously to measurements following network failure).

4.4 Definitions concerning the power supply fluctuations

4.4.1 Definition of power supply fluctuation

General change in supply voltage to a higher or lower level compared with the network voltage. The duration of the fluctuation may be short or long in terms of semi-oscillation.

4.4.2 Sequence of a power supply fluctuation

While the voltage is at another level, the change $\Delta u/\Delta t$ should be constant. The fluctuation may also be effected in stages. They should be carried out at zero points and should not exceed 10% U_{Nom} . Levels below 1% U_N are regarded as constant rate of voltage fluctuations.

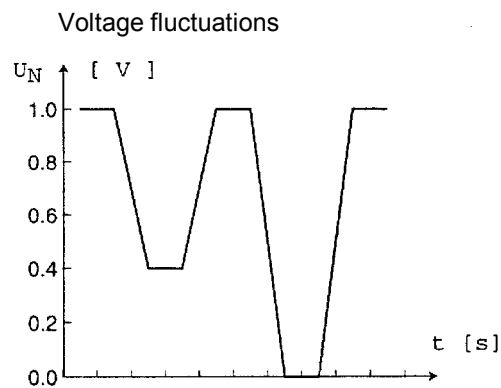


Fig. 7: Sequence of peak level in power supply fluctuations

		Time to reduction of voltage	Duration of reduced voltage	Time to increase in voltage
A	40% U_N	2 sec. $\pm 20\%$	1 sec. $\pm 20\%$	2 sec. $\pm 20\%$
B	0% U_N	2 sec. $\pm 20\%$	1 sec. $\pm 20\%$	2 sec. $\pm 20\%$
C	0% U_N	15 sec. $\pm 20\%$	15 sec. $\pm 20\%$	15 sec. $\pm 20\%$

Table 7: Parameters for the sequence progress of brief fluctuations in supply voltage

4.4.3 Performance of test

The device should be tested with each specified voltage fluctuation for the most representative modes of operation⁹.

Each measurement should be carried out three times. The separate measurements should be made at intervals of 10 seconds.

⁹ modes of operation as per Q/E Matrix.

4.5 Specified measurement criteria and parameters for power supply fluctuations

The following tests have to be done with 100 % linear ohmic load.

Parameters			Measurement levels					
			Overshoot			Total stabilisation time		
			M. 1	M. 2	M 3	M. 1	M. 2	M 3
Normal mode	Fluctuation in any desired randomly selected phase	A						
		B						
		C						
	All 3 phases are set to a lower or higher values	A B C						
Bypass mode	Fluctuation in any desired randomly selected phase	A						
		B						
		C						
	All 3 phases are set to a lower or higher values	A B C						

Table 8: Tests of power supply fluctuations

5 Testing of voltage distortion

5.1 Definitions concerning voltage distortion

IEC 61000-4-13 defines the methods for immunity tests and recommends test levels for electronic devices with a maximum current of 16A per phase. This regulation only takes account of harmonics and intermodulation harmonics at frequencies up to a maximum of 2.4 kHz (50 Hz) and 2.4 kHz (60 Hz).

Definition of THD

$$\sum THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{H=40} (u_h)^2}$$

$u_h = U_h / U_1$

h is the ordinal no. of the harmonic

The r.m.s values should be indicated for U_h and U_1

U_1 is the first harmonic

f_1 is the first harmonic frequency

EUT= equipment under test

5.1.1 Categories for devices in an electromagnetic environment

5.1.1.1 Category 1:

Devices in this category are operated on a power supply that has superior characteristics to those of the public network. The category is intended for devices that react highly sensitively to power supply disturbances (e.g. laboratory appliances).

5.1.1.2 Category 2:

This category is for devices that are intended for operation via the public network.

5.1.1.3 Category 3:

This category is for devices that may be operated both on the public network and in an industrial environment with higher demands. Devices should be classified in this category if their immediate network environment is as follows:

existence of a large number of rectifiers, so that a large proportion of the network capacity is taken from rectifiers

presence of welding machines

large motors are started up on a regular basis

load currents vary rapidly

5.1.1.4 Classification of UPS systems

UPS systems should be tested with category 3 disturbance levels.

5.1.2 Disturbance levels

Disturbance levels shall be indicated in percentage of the fundamental voltage. It is essential that the r.m.s value of the resulting supply voltage remains at nominal value throughout the entire test.

Odd harmonics, not a multiple of 3		Odd harmonics, multiple of 3		Even harmonics	
Ordinal number	Disturbance level in % of U_1	Ordinal number	Disturbance level in % of U_1	Ordinal number	Disturbance level in % of U_1
5	12	3	9	2	5
7	10	9	4	4	2
11	7	15	3	6	1.5
13	7	21	2	8	1.5
17	6	27	2	10	1.5
19	6	33	2	12-40	1.5
23	6	39	2		
25	6				
29	5				
31	3				
35	3				
37	3				

Table 9: Disturbance levels of harmonic oscillations for category 3

Harmonic voltages with a disturbance level of more than 3% up to the 9th harmonic should indicate a phase angle of 0° and 180° to the first harmonic.

at 50 Hz network frequency		at 60 Hz network frequency	
Frequency range in Hz	Disturbance level in % of U_1	Frequency range in Hz	Disturbance level in % of U_1
16-100	4	20-120	4
100-500	9	120-600	7.5
500-750	5	600-900	5
750-1000	3	900-1200	3
1000-2000	2	1200-2400	2

Table 10: Disturbance levels of interim harmonic oscillations for category 3

The disturbance level in an industrial environment in which category 3 appliances are in operation and it may be significantly higher.

5.1.3 Measurement equipment

The test generator should be able to generate a first harmonic of 50 Hz or 60 Hz. It should be possible to combine frequencies with the first harmonic as per the table above.

Output current per phase at nominal voltage	As high as necessary in order to test the function of the EUT ¹⁰
First harmonic of voltage - Amplitude U_1 - Frequency - Angle between phases	Rated voltage $\pm 2\%$ 50 Hz $\pm 0.5\%$ or 60 Hz $\pm 0.5\%$ 120° $\pm 1.5\%$ (Stern)?
Individual harmonics settings - Range - Precision Phase angle φ_n - $n = 2$ to 9 - Precision of zero point of harmonics that coincides with the zero point of first harmonic	see note ¹¹ 2 nd to 40 th harmonic better than 5% of U_h or 0.1% of U_1 0°; 180° $\pm 2^\circ$ of first harmonic
Combination of harmonics	see note ¹²
Interim harmonic frequencies Amplitude - Range - Precision - Maximum deviation from set parameter Frequency - Range - Setting stages: $f = (0.33-2) * f_1$ $f = (2-20) * f_1$ $f > 20 * f_1$ - maximum deviation from set parameter	see note ¹³ 0 to 10% of U_1 better than 5% of U_h or 0.1% of U_1 0.1% U_1 0.33 f_1 to 40 * f_1 $\leq 0.1 * f_1$ $\leq 0.2 * f_1$ $\leq 0.5 * f_1$ $\pm 0.5 * f_1$
Output impedance	The output impedance must be low

Table 11: Requirements on test generator for generating harmonics

¹⁰ The generator should be able to supply the current required for testing the function of the EUT, or max. 16A per phase. Other specifications may be made in the relevant product standard.

¹¹ The generator should offer the option of setting the amplitude, frequency, phase angle and sequence of combination of frequencies.

¹² The generator should offer the option of combining a number of voltages per phase with various frequencies.

¹³ The generator should offer the option of setting the amplitude, frequency, phase angle and sequence of combination of frequencies.

5.1.4 Verification of characteristics of test generator

The outputs of the generator must be connected to a spectrum analyser.

This connection has to be established before the entire system is tested. The spectrum analyser must meet the requirements of precision category A in accordance with IEC 1000-4-7. The output voltage should be quantitatively tested using an oscilloscope.

The maximum distortions of the output voltage of the generator should meet the requirements of IEC 1000-3-2 (see table below). These measurements should be carried out without external load.

Ordinal number of harmonics	Output voltage in % of U_1
3	0.9%
5	0.4%
7	0.3%
9	0.2%
2 to 10 (even harmonics)	0.2%
11-40	0.1%

Table 12: Maximum distortions of output voltage for AC sources for category A as per IEC 61000-3-2

The peak level of the test voltage should be between 1.4 and 1.42 times the nominal level. The maximum should reach 87° - 93° after zero voltage. The output voltage should not deviate from the nominal level by more than $\pm 2\%$ if the load current varies from zero to nominal.

The parameters for first harmonic and harmonics (as indicated in the above table) should be specified at the output of the generator, with only a spectrum analyser at the output (and not the EUT).

5.1.5 Testing procedure

5.1.5.1 Requirements on EUT

The functional capacity of the EUT must be secured for the full duration of the test. Any interference with its function should be noted and included in the test report.

5.1.5.2 Definition of test signals

There are two testing procedures for a combination of harmonics. To begin with, a flattened sinus curve should be produced, and afterwards a curve should be produced that overshoots. The EUT should be tested for 2 minutes with each combination (as indicated in the following tables).

Function Sections 1 and 3	Voltage Sections 1 and 3	Function Section 2	Voltage Section 2
$0 \leq \sin(\omega t) \leq 0.8$	$u = U_1 * \sqrt{2} * \sin(\omega t)$	$0.8 \leq \sin(\omega t) \leq 1$	$u = \pm 0.8 * U_1 * \sqrt{2}$

Table 13: Sequence of flattened curve

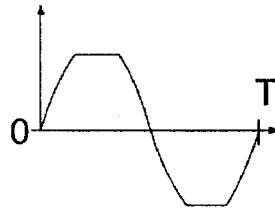


Fig. 8: Sequence of a flattened sinus oscillation

It is important to ensure that the r.m.s value of the resulting generator output voltage remains at nominal value throughout the entire test.

Ordinal number h	3rd harmonic	5th harmonic
% of U_1	8 % / 180°	5 % / 0°

Table 14: Parameters and phase positions of combined harmonics

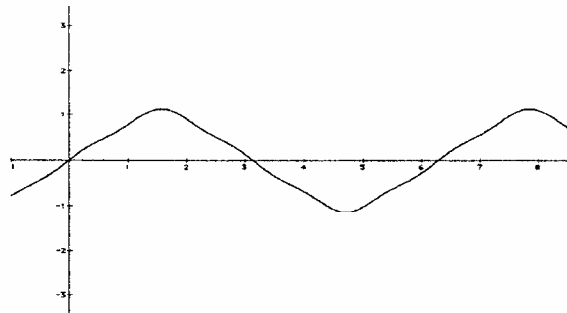


Fig. 9: Sequence of a sinus oscillation with combined 3rd and 5th harmonics

5.1.5.3 Relation of these requirements to the Q/E Matrix

During the test, the output voltage of the UPS system should be measured using a spectrum analyser. Each measurement should be carried out with the defined loads as per the Q/E Matrix. Here the levels of the harmonics of the UPS output voltage should be measured. These must comply with the maximum proportions of individual harmonics as per IEC 61000-2-2.

If these levels are observed, the UPS meets the conditions for overcoming disturbances, and a "yes" should be entered in the corresponding column of the Q/E Matrix. Otherwise the type of load should be noted at which the UPS is no longer able to overcome the disturbance.

5.2 Specified measurement criteria and parameters of voltage distortion

The following tests have to be done with 100 % linear ohmic load.

Parameters		Measurement levels at the output												
Normal mode	Flattened sinus at the input	THD	Odd harmonics, not a multiple of 3											
			5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.	29.	31.	35.	37.
			Odd harmonics, multiple of 3											
			3.	9.	15.	21.	27.	33.	39.					
	Combination of 3 rd and 5th harmonics at the input		Even harmonics											
			2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
			26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.				
Bypass mode	Flattened sinus at the input		Odd harmonics, not a multiple of 3											
			5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.	29.	31.	35.	37.
			Odd harmonics, multiple of 3											
			3.	9.	15.	21.	27.	33.	39.					
	Combination of 3 rd and 5th harmonics at the input		Even harmonics											
			2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
			26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.				

Table 15: Testing of voltage distortion

6 Testing of energy loaded transients

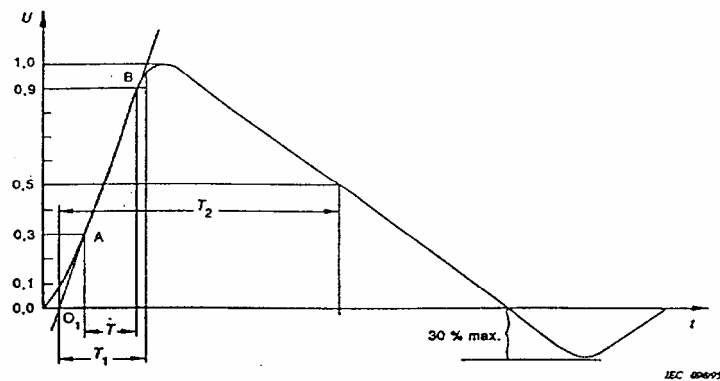
6.1 Definitions concerning energy loaded transients

IEC 61000-4-5 defines the methods for immunity testing with energy loaded transients that have an effect on a device.

6.1.1 Overvoltage

T: time during which the impulse remains in the range of 30% to 90% of the peak voltage.

T_1 : this is a virtual time parameter, the defined duration of which is equivalent to 1.67 times the interval T.



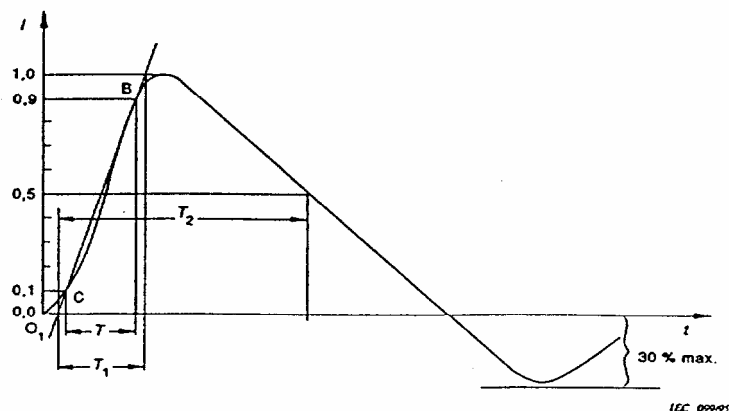
Front time: $T_1 = 1.67 \times T = 1.2 \mu s \pm 30 \%$
 Time to half-value: $T_2 = 50 \mu s \pm 20 \%$

Fig. 10: Sequence of a voltage peak

6.1.2 Overcurrent

T: time during which an impulse remains in the range of 10% to 90% of the peak current.

T_1 : this is a virtual time parameter, the defined duration of which is equivalent to 1.25 times the interval T.



Front time: $T_1 = 1.25 \times T = 8 \mu s \pm 20 \%$
 Time to half-value: $T_2 = 20 \mu s \pm 20 \%$

Fig. 11: Sequence of a Current peak

T_2 : interval from the beginning of an impulse up to the time the peak level has been reached after the impulse has fallen to half the peak level.

6.1.3 General terms

EUT: equipment under test

Primary protection: device that absorbs a major proportion of the disturbance and prevents it from causing damage to the system.

6.1.4 Level of test voltages

Test level as per EN 61000-4-5 : 1995 (Appendix)	Mains unit	
Installation category	Phase to phase [kV]	Phase to ground [kV]
0	No indication	No indication
1	No indication	0.5
2	0.5	1.0
3	1.0	2.0
4	2.0	4.0 b)
5	a)	a)
x		
a) depending on category of local mains unit		
b) normally tested with primary protection		

Table 16: Level of test voltages according to installation category

6.1.5 Installation categories

Below is a brief summary of the various categories in accordance with EN 61000-4-5, Appendix A: 1995. Please refer to this appendix for more detailed information.

6.1.5.1 Category 0:

Well protected electrical environment, frequently located in a special room.

6.1.5.2 Category 1:

Partially protected electrical environment.

6.1.5.3 Category 2:

Environment in which cables are well separated, even over short distances.

6.1.5.4 Category 3:

Environment in which cables are laid parallel.

6.1.5.5 Category 4:

Environment in which exposed cable connections run alongside network cables, and lines are used for both electrical and electronic switches.

6.1.5.6 Category 5:

Environment for electronic systems that are connected with telecommunication and high-voltage transmission lines that run through sparsely populated areas.

6.1.5.7 Category x:

Special conditions as stipulated in product specifications.

6.1.5.8 Classification of UPS systems

UPS meet some of the conditions for category 5, but no specific test levels are cited in this category. For UPS the level stipulated for category 4 is used.

6.1.6 Testing procedure

6.1.6.1 EUT requirements and classification

The functional capacity of the EUT must be secured for the full duration of the test. Any interferences with its function should be noted and included in the test report. Classification should be made on the basis of the device's operating behaviour:

- a) full functional capacity during the entire test
- b) occasional reduction or loss of full functional capacity - EUT is able to restore full functional capacity automatically
- c) occasional reduction or loss of full functional capacity - EUT is only able to restore full functional capacity with the aid of an external operator or through a re-initialisation process
- d) reduction or loss of full functional capacity - EUT no longer able to restore full functional capacity due to damage or data loss

EUT must comply with valid safety regulations throughout the test.

6.1.6.2 Evaluation of behaviour of a UPS system

Full functional capacity is secured if the UPS is able to supply an output voltage according to specifications. The output voltage should therefore be evaluated in the Q/E Matrix. The relevant evaluation criteria are the overshoot and total stabilisation time. Cf. Fig. 1: Definition of dynamic parameters.

If the UPS is able to supply the output voltage according to the specifications throughout the test, a "yes" should be entered in the Q/E Matrix. If it is unable to do so, a "no" should be entered in the Q/E Matrix. The behaviour of the UPS system in accordance with the classifications cited above should also be noted in the Matrix (6.1.6.1).

6.2 Specified measurement criteria and parameters of energy loaded transients

The following tests have to be done with 100 % linear ohmic load.

Parameters					Measurement at the output	
Op. mode	Coupling	Polarity	Level of voltage	Time of impulse	Overshoot	Total stabilisation time
Normal mode	Phase to Phase	+	2 kV	Zero voltage $U_{\text{Mains}} = \text{max.}$ $U_{\text{Mains}} = \text{min.}$		
		-	2 kV	Zero voltage $U_{\text{Mains}} = \text{max.}$ $U_{\text{Mains}} = \text{min.}$		
	Phase to Ground	+	4 kV	Zero voltage $U_{\text{Mains}} = \text{max.}$ $U_{\text{Mains}} = \text{min.}$		
		-	4 kV	Zero voltage $U_{\text{Mains}} = \text{max.}$ $U_{\text{Mains}} = \text{min.}$		
Bypass mode-	Phase to Phase	+	2 kV	Zero voltage $U_{\text{Mains}} = \text{max.}$ $U_{\text{Mains}} = \text{min.}$		
		-	2 kV	Zero voltage $U_{\text{Mains}} = \text{max.}$ $U_{\text{Mains}} = \text{min.}$		
	Phase to Ground	+	4 kV	Zero voltage $U_{\text{Mains}} = \text{max.}$ $U_{\text{Mains}} = \text{min.}$		
		-	4 kV	Zero voltage $U_{\text{Mains}} = \text{max.}$ $U_{\text{Mains}} = \text{min.}$		

Table 17: Testing of energy loaded transients

7 Testing of fast transients

The measurements should be carried out in accordance with IEC 61000-4-4. This defines the methods for immunity testing with fast transient that have an effect on a device.

In this test, a series of equal transients is coupled to the EUT. This test signal is referred to as a burst. Coupling is made to the power supply and signal feeds of an electronic device. In our case, to the power supply feeds. A short build-up time, the repetition rate and low energy of the transients are decisive for this test.

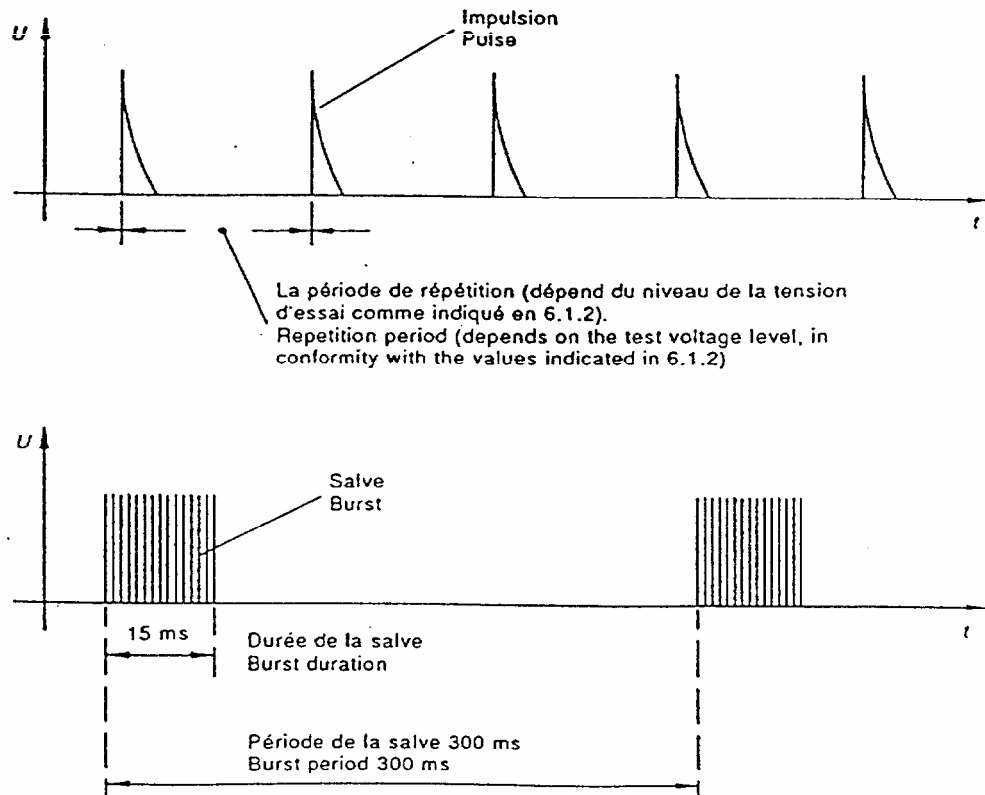


Fig. 12: Fast transients and burst

7.1 Definitions concerning fast transients

7.1.1 Prescribed test voltage

The test voltage should be measured on the open clamps. Tolerances: for the test voltage, $\pm 10\%$; for the repetition intervals for the impulses, $\pm 20\%$. The test levels apply for the network inputs.

Test level	Voltage peak kV	Repetition frequency kHz
1	0.5	5
2	1	5
3	2	5
4	4	2.5
X	Special	Special

"x" may be defined as required.

Table 18: Test level for fast transients as per IEC 61000-4-4

7.1.2 Testing procedure

7.1.2.1 EUT requirements and classification

These are the same as for energy loaded transients, cf. 6.1.6.1.

7.1.2.2 Evaluation of behaviour of a UPS system

These are the same as for energy loaded transients, cf. 6.1.6.2

7.2 Specified measurement criteria and parameters of fast transients

The following tests have to be done with 100 % linear ohmic load.

Parameters					Measurement at the output	
Mode Of Op.	Cou-pling	Pola-rity	Level of voltage	Repetition frequency	Overshoot	Total stabilisation time
Normal mode	Phase to Grnd	+	4 kV	2.5 kHz		
		-	4 kV	2.5 kHz		
Bypass mode	Phase to Grnd	+	4 kV	2.5 kHz		
		-	4 kV	2.5 kHz		

Table 19: Test level for fast transients as per IEC 61000-4-4

8 Measurement of power factor and harmonic distortion

8.1 Definitions

8.1.1 General definitions, IEC 61000-3-4

IEC 61000-3-4 defines the level of harmonic currents that supply units in public low-voltage networks are allowed to cause. This standard applies to supply units with a nominal current over 16 A per phase.

The recommendations contained in this standard may also be applied for devices with a lower nominal current than 16 A per phase. In this case, it may be necessary to obtain the permission of the network operator before it is connected. (Cf. IEC 61000-3-2).

These recommendations do not apply for active filters.

8.1.2 Technical definitions used here in accordance with IEC 60050-161

8.1.2.1 THD (total harmonic distortion)

THD refers to the ratio of r.m.s.value of harmonic currents to the r.m.s value of the first harmonic.

$$\text{THD} = \sqrt{\sum_{n=2}^{40} \left(\frac{I_n}{I_1} \right)^2}$$

8.1.2.2 PWHD (partial weighted harmonic distortion)

PWHD refers to the ratio of r.m.s. value of a group of harmonics that are weighted by their order, to the r.m.s. value of the first harmonic.

$$\text{PWHD} = \sqrt{\sum_{l=4}^{40} l^2 \left(\frac{I_l}{I_1} \right)^2}$$

8.1.2.3 PCC (point of common coupling)

The closest connection point to the EUT in the public network to which other appliances may be connected.

8.1.2.4 Short circuit power (S_{SC})

Short circuit power calculated from the r.m.s. value of the rated voltage and the impedance (Z) at the PCC.

$$S_{SC} = \frac{U_{Nom}^2}{Z}$$

8.1.2.5 Rated apparent power (S_{eq})

Value calculated from the rated current (I_{equ}) of the supply unit and the nominal phase voltage (single phase, U_p) or interphase voltage (U_l).

$S_{equ} = U_p I_{equ}$ for single-phase systems

$S_{equ} = U_l I_{equ}$ for systems on interphase voltage

$S_{equ} = \sqrt{3} U_l I_{equ}$ for symmetrical three-phase systems

$S_{equ} = 3 U_p I_{equ \max}$ for asymmetrical three-phase systems. $I_{equ \max}$ is the maximum r.m.s value that occurs in a phase.

8.1.2.6 Short circuit ratio (R_{SCE})

The short circuit defines a characteristic value of the system.

$$\begin{aligned} R_{SCE} &= S_{SC} / (3 S_{equ}) && \text{for single-phase systems} \\ R_{SCE} &= S_{SC} / (2 S_{equ}) && \text{for systems on interphase voltage} \\ R_{SCE} &= S_{SC} / S_{equ} && \text{for all three-phase systems} \end{aligned}$$

8.1.3 General requirements

8.1.3.1 Control procedures for supply units

Only control procedures that function symmetrically are permitted. In other words, that (for example) a phase angle control handles positive and negative half-waves equally.

Control procedures that tend to generate harmonics with a low number in the input current should only be used for feeding heating elements if the heating capacity is less than 10% of the rated apparent power.

8.1.3.2 Measuring harmonic currents

The limits defined here apply for all types of connections and loads that may occur with supply units.

Here, individual harmonic currents that are lower than 0.6% of the first harmonic have not been taken into account.

Current I_1 is the first harmonic component.

Harmonic currents arising from switching processes on the EUT should not last longer than 10 seconds and must not exceed 1.5 times the permitted maximum level.

The threshold values shown in the tables below apply to all harmonic currents that arise in the course of tests. However, even harmonics in the 2 to 10 range, and odd harmonics in the 3 to 19 range may surpass 1.5 times the permitted level during 10% of the observation time of 2.5 minutes.

8.1.3.3 Systems with several supply units

If a system to be connected to the public network comprises a number of independent devices with their own supply units, the total current for all supply units is decisive for measuring the power factor and harmonic distortion.

8.1.4 Categories for connection to the public network

Below is a list of categories. If a system can be allocated to one of these categories, the relevant standard recommends that applications for permission to connect it to the public network should not be rejected.

Category 1: Basic connection

Category 2: Connection on the basis of network and system data

Category 3: Connection upon consultation with the network operator

Systems that indicate a phase current over 75 A automatically have to be allocated to category 3.

8.1.4.1 Category 1: Basic connection

Systems whose harmonic currents do not exceed the levels cited in the tables below may be connected to the public network everywhere, providing that the short circuit ratio (R_{SCE}) is higher than or equal to 33.

Note: A short circuit ratio below 33 is not taken into account here, since such systems are not covered by IEC 1000-3-5. In this case, the permission of the network operator should be obtained before the system is connected.

To ensure that commutation drops do not become too great, a short circuit ratio that is higher than 33 is recommended.

Ordinal number n of harmonics	Permissible harmonic current I_n/I_1 %	Ordinal number n of harmonics	Permissible harmonic current I_n/I_1 %
3	21.6	19	1.1
5	10.7	21	≤ 0.6
7	7.2	23	0.9
9	3.8	25	0.8
11	3.1	27	≤ 0.6
13	2	29	0.7
15	0.7	31	0.7
17	1.2	≥ 33	≤ 0.6
Even harmonics: permissible harmonic current: $\leq 8/n$ or ≤ 0.6 I_n : harmonic component of current I_1 : first harmonic of current			

Table 20: Permissible harmonic network currents for category 1

8.1.4.2 Category 2: Connection on the basis of network and system data

Systems that exceed the threshold level for category 1, but which have a short circuit ratio (R_{SCE}) higher than 33, may be connected to the public network without the need for additional measures if they comply with the relevant threshold levels under these circumstances.

Minimum short circuit ratio (R_{SCE})	Permissible distortion factor of the harmonic current (%)		Permissible harmonic current I_n/I_1 %					
	THD	PWHD	I_3	I_5	I_7	I_9	I_{11}	I_{13}
66	25	25	23	11	8	6	5	4
120	29	29	25	12	10	7	6	5
175	33	33	29	14	11	8	7	6
250	39	39	34	18	12	10	8	7
350	46	46	40	24	15	12	9	8
450	51	51	40	30	20	14	12	10
600	57	57	40	30	20	14	12	10

The relative level of even harmonics should be lower than $16/n$ %.

Linear interpolation between successive levels of R_{SCE} for permissible values is acceptable.

For asymmetrical three-phase systems, these levels apply to each individual phase.

I_n : harmonic component of current

I_1 : first harmonic of current

Table 21: Permissible harmonic network currents with single-phase asymmetrical three-phase systems and systems on interphase voltage for category 2

Minimum short circuit ratio (R_{SCE})	Permissible distortion factor of the harmonic current (%)		Permissible harmonic current I_n/I_1 %			
	THD	PWHD	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
66	16	25	14	11	10	8
120	18	29	16	12	11	8
175	25	33	20	14	12	8
250	35	39	30	18	13	8
350	48	46	40	25	15	10
450	58	51	50	35	20	15
600	70	57	60	40	25	18

The relative level of even harmonics should be lower than $16/n$ %.

Linear interpolation between successive levels of R_{SCE} for permissible values is acceptable.

I_n : harmonic component of current

I_1 : first harmonic of current

Table 22: Permissible harmonic network currents with symmetrical three-phase systems for category 2

8.1.4.3 Category 3: Connection upon consultation with the network operator

If a system exceeds the threshold levels for categories 1 and 2, or if the phase current is greater than 75 A, the connection conditions have to be agreed on with the local network operator.

8.1.4.4 Procedure for carrying out measurements

The following configurations should be used for these measurements:

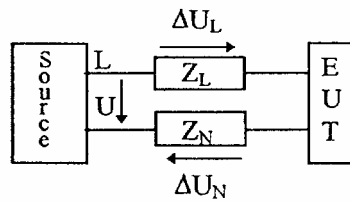


Fig. 13: Configuration for single-phase systems

- U: Supply voltage, phase to neutral
 $Z_{L,N}$: Impedance of feed and shunt resistors for measurement of current
 EUT: equipment under test
 ΔU : Voltage drop via feed impedance Z_L . ($\Delta U = \Delta U_L + \Delta U_N$)

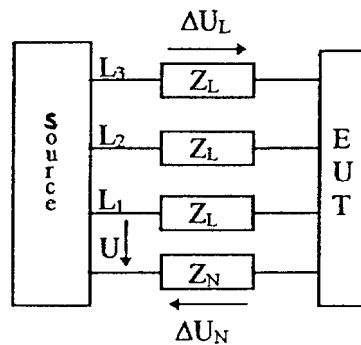


Fig. 14: Configuration for three-phase systems

- U: Supply voltage, phase to neutral
 $Z_{L,N}$: Impedance of feed and shunt resistors for measurement of current
 EUT: equipment under test
 ΔU : Voltage drop via feed impedance Z_L . ($\Delta U = \Delta U_L + \Delta U_N$) between two phases: ($\Delta U = 2\Delta U_L$).
 L_{1-3} : Phase conductor
 N: Neutral conductor

8.1.4.5 Conditions for supply voltage

The test voltage should correspond to the rated voltage of the system. If the system indicates an input voltage range, the test voltage should be 230 V for single-phase and 400 V for three-phase systems. The permitted tolerance for the test voltage is $\pm 2\%$. The frequency should correspond to the nominal level. The tolerance for the frequency is $\pm 0.5\%$.

The following conditions apply for three-phase power supply: The angle between the fundamental harmonics of the three phases must be $120^\circ \pm 1.5^\circ$.

The relative maximum levels for the supply voltage harmonics should not exceed the levels shown below:

0.9% for 3 harmonics

0.4% for 5 harmonics

0.3% for 7 harmonics

0.2% for 9 harmonics

0.2% for even harmonics in the range from 2 to 10

0.1% for all harmonics in the range from 11 to 40

The peak level of the supply voltage should be between 1.4 times and 1.42 times the r.m.s. value, and reach a maximum level of between 87° and 93° after zero point.

The voltage drop (ΔU) should be less than 0.5 V peak.

If the power is to be measured, the voltage U should be measured as shown in the illustrations above.

8.1.4.6 Measuring instruments:

The requirements concerning measuring instruments are described in IEC 61000-3-2.

Note:

With symmetrical three-phase systems, it is sufficient to measure the current in one phase only. If there is a possibility that the phase currents are not identical, the currents in all three phases have to be measured.

8.1.4.7 Definitions of displacement factor λ

Definitions as per IEC 60896-2 paragraph 3.3.16 (for single-phase systems).

$$\lambda = \frac{P_w}{S_{in}}$$

λ := Power factor

P_w := Active input power

S_{in} := Apparent input power

8.1.5 Relation to Q/E Matrix

The four loads cited in the Q/E Matrix should be used, namely:

- 100% linear resistive (ohmic) load (P_{nom})
- 100% non-linear load in accordance with IEC 62040-3 (S_{nom})
- with maximum output current that the UPS is able to supply, regardless of the type of load
- with 0-10%, 50%, 100% asymmetric non-linear load in accordance with IEC 62040

The power factor λ and THD should be measured with each type of load.

Furthermore, the current spectrum should be depicted in graphic form and attached to the Q/E Matrix.

If the UPS cannot be classified in category 1, we suggest noting this in the Q/E Matrix together with the comment that attention should be paid to power factor and harmonic distortions when the system is put into operation, and that it may be necessary to take steps to reduce emissions.

8.2 Specified measurement criteria and parameters of power factor and harmonic currents

The following measurements at different loads have to be done.

8.2.1 100 % linear ohmic load

Parameters	Measurements													
Normal mode	Classifica- tion	λ	Odd harmonics, not a multiple of 3											
			5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.	29.	31.	35.	37.
			Odd harmonics, multiple of 3											
	Ref. no. of current spectrum		3.	9.	15.	21.	27.	33.	39.					
		THD	Even harmonics											
			2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
		26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.					
Bypass mode	Classifica- tion	λ	Odd harmonics, not a multiple of 3											
			5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.	29.	31.	35.	37.
	Ref. no. of current spectrum		Odd harmonics, multiple of 3											
			3.	9.	15.	21.	27.	33.	39.					
	THD	Even harmonics												
			2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
		26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.					

Table 23: Measurement of power factor and harmonic current at 100 % ohmic load

8.2.2 100 % non-linear load according to IEC 62040-3

Parameters	Measurements													
Normal mode	Classifica- tion	λ	Odd harmonics, not a multiple of 3											
			5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.	29.	31.	35.	37.
	Ref. no. of current spectrum		Odd harmonics, multiple of 3											
			3.	9.	15.	21.	27.	33.	39.					
		THD	Even harmonics											
			2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
			26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.				
Bypass mode	Classifica- tion	λ	Odd harmonics, not a multiple of 3											
			5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.	29.	31.	35.	37.
	Ref. no. of current spectrum		Odd harmonics, multiple of 3											
			3.	9.	15.	21.	27.	33.	39.					
		THD	Even harmonics											
			2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
			26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.				

Table 24: Measurement of power factor and harmonic current
at 100 % non-linear load according to IEC 62040-3

8.2.3 Maximum output current

Parameters	Measurements													
Normal mode	Classifica- tion	λ	Odd harmonics, not a multiple of 3											
			5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.	29.	31.	35.	37.
	Ref. no. of current spectrum		Odd harmonics, multiple of 3											
			3.	9.	15.	21.	27.	33.	39.					
		THD	Even harmonics											
			2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
			26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.				
Bypass mode	Classifica- tion	λ	Odd harmonics, not a multiple of 3											
			5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.	29.	31.	35.	37.
	Ref. no. of current spectrum		Odd harmonics, multiple of 3											
			3.	9.	15.	21.	27.	33.	39.					
		THD	Even harmonics											
			2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
			26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.				

Table 25: Measurement of power factor and harmonic current
at maximum output current

8.2.4 0-10 %, 50 %, 100 % asymmetric, non-linear load according to IEC 62040-3

Parameters	Measurements													
Normal mode	Classifica- tion	λ	Odd harmonics, not a multiple of 3											
			5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.	29.	31.	35.	37.
	Ref. no. of current spectrum		Odd harmonics, multiple of 3											
			3.	9.	15.	21.	27.	33.	39.					
	THD		Even harmonics											
			2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
			26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.				
Bypass mode	Classifica- tion	λ	Odd harmonics, not a multiple of 3											
			5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.	29.	31.	35.	37.
	Ref. no. of current spectrum		Odd harmonics, multiple of 3											
			3.	9.	15.	21.	27.	33.	39.					
	THD		Even harmonics											
			2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
			26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.				

Table 26: Measurement of power factor and harmonic current at 0-10 %, 50 %, 100 % asymmetric, non-linear load according to IEC 62040-3

9 Measurement of losses and efficiency

9.1 Definitions

9.1.1 Definition of efficiency

The efficiency of UPS is defined in accordance with IEC 62040-3 paragraph 3.3.19 as the ratio of output active power to input active power under defined specified conditions with no significant energy transfer to and from the energy storage means (i.e. without connected batteries).

$$\eta_{UPS} = \frac{P_{Out}}{P_{In}}$$

9.1.2 Efficiency of UPS system

The efficiency of a UPS system is calculated in accordance with IEC 62040-3 paragraph 6.6.11 by measuring the input and output active power in normal mode of operating and the following specified load.

9.2 Specified measurement criteria and parameters for losses and efficiency

UPS is in stable condition, which for the input criteria means: $U=U_{nom}$, $f=f_{nom}$.

P_V [W] => power loss in watts

η [%] => efficiency in %

λ => power factor

At standby of the UPS system the losses are measured. A determination of the efficiency at standby is not possible. Standby is equal to the operation with no load (U_{Out} = nominal voltage and I_{Out} = 0 A)

The following measurements at different loads and modes of operation have to be done.

Parameters				Measurements							
	Load			U _{In}	U _{Out}	I _{In}	I _{Out}	P _{In}	P _{Out}	P _V [W]	η[%]
Normal mode	Resistive load	25% P _N									
		50% P _N									
		75% P _N									
		100% P _N									
	Non-linear load as per IEC 62040-3	25% S _N									
		50% S _N									
		75% S _N									
100% S _N											
Maximum output current	λ:=										
Asymmetrical non-linear load as per IEC 62040-3											
Standby				U _{Nom}		0 A		0 W			
Bypass mode	Resistive load	50% P _N									
		100% P _N									
	Non-linear load as per IEC 62040-3	50% S _N									
		100% S _N									
	Maximum output current	λ:=									
	Asymmetrical non-linear load as per IEC 62040-3										
Standby				U _{Nom}		0 A		0 W			

Table 27: Measurement of losses and efficiency

10 Appendix A: Overview of standards referred to in this manual

10.1 UPS product standards

- EN 50091-1 & IEC 62040-1 Uninterruptible power supply
Part 1: General requirements and safety regulations, May 1993
- EN 50091-1 A1 Second revision, Dec. 1995 & IEC 62040-1
- EN 50091-2 & IEC 62040-2 Uninterruptible power supply systems
Part 2: EMV requirements, May 1996
- IEC 62040-3 Uninterruptible power supply systems
Part 3: Operational requirements, December 1995

10.2 Definition of measuring procedures

- EN/IEC 60896-2 paragraph 3.3.16 Measurement procedures for power supply devices with AC output

10.3 EMV standards (to which reference is made in UPS product standards)

- IEC 61000-2-2 Electromagnetic tolerance and compatibility level for low-frequency disturbance signals and signals in the public low-voltage network, May 1990
- EN 61000-4-11 Measuring the resistance against voltage drops, short-term interruptions and voltage fluctuations, April 1995
- EN 61000-4-1 Testing and measurement procedures, Section 1: Overview of procedures for measuring resistance to disturbances, 1994

10.4 Standards concerning resistance (to which reference is made in EN 50091-2 & EN/IEC 62040-2)

These standards have been deleted or withdrawn. Standards from the IEC 61000-4-x series have replaced those listed below:

- IEC 61000-2 : 1991 Resistance to electrostatic discharges
- IEC 61000-3 : 1988 Resistance to electromagnetic fields
- IEC 61000-4 : 1988 Resistance to fast transients
- IEC 61000-5 : Resistance to surge voltages (in preparation)

10.5 EMV standards that include the above topics

- IEC 61000-4-16 Final Draft Ed. 1 Electromagnetic Compatibility (EMC)- Part 4-16: Testing and measurement techniques - Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz
- EN 60555-2/3 Transmissions of disturbances on networks and alternative current feeds (now: EN 61000-3-2/3)
- EN 61000-4-4 Resistance to fast transients on AC network inputs and outputs, March 1995
- EN 61000-4-5: 1995 Electromagnetic compatibility, testing and measurement procedures, Section 5, Testing resistance to surge voltages
- EN 61000-4-6 Resistance to HF (asymmetrical) on AC network inputs and outputs
- IEC/TC SC 77A Committee Draft (CD) IEC 61000-4-13 Version, December 1997
Low frequency phenomena. Testing and measuring techniques- Harmonics and interharmonics, including mains signalling at a.c. power port, immunity tests. Basic EMC publication.
- IEC 61000-3-4 1997/2 Part 3-4 Limits. Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A

10.6 Standard concerning quality of network voltage

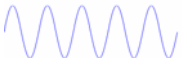
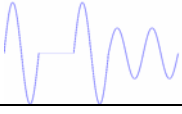
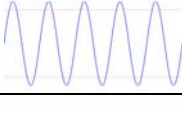
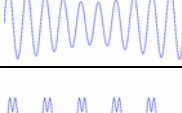
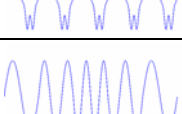
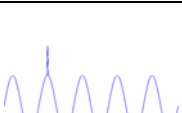
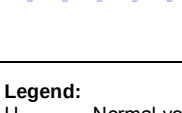
EN 50160 Quality characteristics concerning voltage in electrical energy supply networks. July 1997

10.7 Standard concerning accumulators and battery systems

IEC 60896-2 Accumulators and battery systems, fixed battery systems.

11 Appendix B: Quality-/Energy-Matrix

Q/E-Matrix: Nominal data and Filtering of mains disturbances

Model:		Nominal active power (P_{Nom}):			
Manufacturer:		Nominal apparent power (S_{Nom}):			
Circuit arrangement:		Classification code:			
Mains voltage during normal operation (U_{NORM} according to EN 50160)		Output voltage of the UPS			
	Voltage 230 V +/- 10 % Frequency 50 Hz +/- 1.0 %	The output voltage of the UPS has to be within U_{Norm} in all mode of operation as normal mode, bypass mode and stored energy mode.			
Mains disturbances (Input)		Filtering of mains disturbances (Output)			
Disturbance (Testing procedure) Range		Normal mode (operation through UPS Path)		Bypass mode (operation through bypass before mains disturbance)	
		U_{NORM} o.k. ?	Deviation of U_{NORM}	U_{NORM} o.k. ?	Deviation of U_{NORM}
	Outage (Chap. 2) $t_{\text{UI}} > 1 \text{ s}$	Yes/No		Yes/No	
	Voltage interruption (Chap. 4.1, 4.4 – 4.5) $t_{\text{UI}} < 1 \text{ s}$	Yes/No		Yes/No	
	Over- and undervoltages (Chap. 3.1 – 3.3) $\Delta U_{\text{I}} = \pm 10 \%$ $\Delta U_{\text{I}} = \pm 25 \%$	Yes/No		Yes/No	
	Voltage sags / brownouts (Chap. 4.1 – 4.3) $\Delta U_{\text{I}} = - 30 \%$ $\Delta U_{\text{I}} = - 60 \%$	Yes/No		Yes/No	
	Harmonic voltages (Chap. 5) Distortion level class 3 according to IEC 61000-4-13	Yes/No		Yes/No	
	Frequency variations (Chap. 3.1; 3.4 – 3.5) $\Delta f_{\text{IStep}} = \pm 10 \%$ $\Delta f_{\text{ICont}} = \pm 10 \%$	Yes/No		Yes/No	
	Transients (Chap. 6 & 7) Fast transients according to IEC 61000-4-4	Yes/No		Yes/No	
	Energy loaded transients according to IEC 61000-4-5	Yes/No		Yes/No	
Legend: U_{NORM} Normal voltage according to EN 50160 (230 V +/- 10 %; 50 Hz +/- 1.0 %) P_{Nom} Max. continuous nominal output power at linear ohmic load S_{Nom} Max. continuous nominal output power at non-linear load according to IEC 62040-3		Circuit arrangement and Classification code: according to IEC 62040-3 Load: 100 % linear ohmic or apparent load The transients are measured at 100 % linear apparent load or at a load of maximum 16 A / phase at UPS-Systems with a power higher than 20 kVA			

Q/E-Matrix: Power factor, harmonic currents, losses and energy efficiency

Power factor and harmonic currents during normal operation at the input at 230 V (Testing procedure chapter 8)							
Normal mode (operation through UPS Path)					Load at the output		
Power factor	THDi of the input current		Individual harmonic currents				
$\lambda =$	k = %				at 100 % linear ohmic load (P_{Nnom})		
$\lambda =$	k = %				at 100 % non-linear load according to IEC 62040-3 (S_{Nnom})		
$\lambda =$	k = %				at maximum output current (Power factor $\lambda =$)		
$\lambda =$	k = %				at 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetric non-linear load according to IEC 62040-3		
Bypass mode (operation through bypass)					Load at the output		
Power factor	THDi of the input current		Individual harmonic currents				
$\lambda =$	k = %				at 100 % linear ohmic load (P_{Nnom})		
$\lambda =$	k = %				at 100 % non-linear load according to IEC 62040-3 (S_{Nnom})		
$\lambda =$	k = %				at maximum output current (Power factor $\lambda =$)		
$\lambda =$	k = %				at 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetric non-linear load according to IEC 62040-3		
Losses and efficiency during normal operation (Input voltage $U_i = 230 \text{ V} \pm 10 \%$) (Testing procedure chapter 9)							
Normal mode (operation through UPS Path)							
Power	Losses (in W) and efficiency (in %) during normal operation through UPS-Path with						
	Linear ohmic load		Non-linear load according to IEC 62040-3		Maximum output current ($\lambda =$)		Asymmetric non-linear load according to IEC 62040-3
25 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	-----
50 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	W %
75 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	-----
100 % Nom. power	W	%	W	%	W	%	-----
Standby Losses: W at U_{out} = nominal voltage and $I_{out} = 0 \text{ A}$							
Bypass mode (operation through bypass)							
Power	Losses (in W) and efficiency (in %) during normal operation through bypass with						
	Linear ohmic load		Non-linear load according to IEC 62040-3		Maximum output current ($\lambda =$)		Asymmetric non-linear load according to IEC 62040-3
50 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	W %
100 % Nom. power	W	%	W	%	W	%	-----
Standby Losses: W at U_{out} = nominal voltage and $I_{out} = 0 \text{ A}$							

März 2005

Label für kleine 1-phasige USV-Anlagen

ausgearbeitet durch

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren des Berichtes verantwortlich.

Dieser Bericht ist auch in Englisch verfügbar.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:

www.electricity-research.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
2. Ziel, Rahmenbedingungen und Grundlagen.....	1
2.1. Ziel	1
2.2. Rahmenbedingungen.....	1
2.3. Grundlagen	2
3. Form des USV-Label.....	3
3.1. Aufbau des Label	3
3.2. Informationsinhalt.....	4
3.2.1. Hersteller / Modell.....	4
3.2.2. Klassifizierung der USV-Anlage	4
3.2.3. Nennleistung	4
3.2.4. Betriebsarten	5
3.2.5. Verlustleistungen	7
3.2.6. Energieverluste	7
3.2.7. Abschirmung von Netzstörungen	7
3.2.8. Netzurückwirkungen.....	7
3.3. Beispiele von Labels für USV-Anlagen.....	8
4. Verbindlichkeit des Label	8
4.1. Vergabe des Labels	8
4.2. Überprüfung des Labels	8
LITERATURVERZEICHNIS.....	9
ANHANG	9
Anhang 1: Qualitäts/Energiematrix (Q/E-Matrix).....	10
Anhang 2: Beispiel eines Labels für eine Doppelwandler USV-Anlage.....	12
Anhang 3: Beispiel eines Labels für eine Line Interaktiv USV-Anlage.....	13
Anhang 4: Beispiel eines Labels für eine Passiv Stand-by USV-Anlage.....	14

1. EINLEITUNG

USV-Anlagen weisen unterschiedliche Technologien auf und unterscheiden sich je nach Aufbau und Betriebsart erheblich bezüglich ihrer Qualität als Verbraucher und als Versorgungsanlage sowie der von ihnen verursachten Energieverluste. Ein Vergleich von verschiedenen USV-Anlagen ist schwierig, da bisher keine einheitlichen Bewertungsgrundlagen bestanden.

Das Bundesamt für Energie (BFE) hat das Projekt „Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen“ [1] initialisiert, und somit eine Grundlage für den Vergleich von USV-Anlagen geschaffen. Aus diesem Projekt resultierte eine prozessorientierte Charakterisierung von USV-Anlagen mit der Definition eines Messverfahrens zur Ermittlung der Qualität und der Energieverluste von USV-Anlagen.

Das Resultat des Projektes „Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen“ dient als Grundlage für ein Label für kleine 1-phasige USV-Anlagen. Das Label ermöglicht im Überblick den Vergleich von 1-phasigen USV-Anlagen bis zu einer Leistung von 6 kW resp. 6 kVA.

2. ZIEL, RAHMENBEDINGUNGEN UND GRUNDLAGEN

2.1. ZIEL

Das Label für USV-Anlagen enthält Informationen über die Qualität und die Energieverluste. Mit der Einführung des Labels für USV-Anlagen wird folgendes Ziel angestrebt:

Mit dem Label wird die Vergleichbarkeit von USV-Anlagen bezüglich Qualität und Energieverluste erreicht. Mit dem Label sollen kleine USV-Anlagen von den Anwendern optimal eingesetzt und betrieben werden können.

2.2. RAHMENBEDINGUNGEN

Für das Label für USV-Anlagen gelten folgende Rahmenbedingungen:

- Das Label für USV-Anlagen wird von der Branche bestehend aus Herstellern und Händlern von USV-Anlagen sowie von den Anwendern akzeptiert.
- Im Rahmen einer Selbstdeklaration dient das Label den Herstellern bzw. Händlern für eine einheitliche und somit vergleichbare Darstellung der Kenndaten von USV-Anlagen.
- Das Label für USV-Anlagen ist auf eine europaweite Anwendung ausgerichtet und wird daher EU-konform gestaltet.

2.3. GRUNDLAGEN

Das Label für USV-Anlagen basiert auf den Ergebnissen des Projektes „Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen“, welches im Auftrag des Bundesamtes für Energie 1997/98 durchgeführt wurde [1]. Ein wesentliches Ergebnis dieses Projektes ist die Qualitäts-/Energiamatrix (Anhang 1).

Die Q/E-Matrix stellt den Zusammenhang zwischen den prozessorientierten Qualitätskriterien und den energierelevanten Parametern dar und macht Angaben über die prozessorientierten Qualitätsanforderungen, wie

- die Sicherstellung der Stromversorgung,
- die Abschirmung von Netzstörungen und
- die Reduktion von Netzurückwirkungen.

Aus der Q/E-Matrix sind ebenfalls

- die Energieverluste im Normalbetrieb und
- die Energieverluste im Standby-Modus, d.h. im Leerlauf

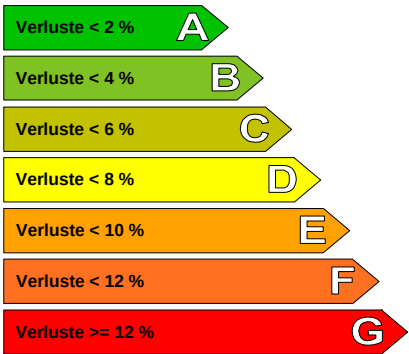
ersichtlich.

Zur Ermittlung der Werte für die Q/E-Matrix wurde ein Messverfahren definiert, das auf IEC 62040-3 abgestimmt ist.

3. FORM DES USV-LABEL

3.1. AUFBAU DES LABEL

Das Label für kleine 1-phasige USV-Anlagen ist gemäss der bestehenden Form des EU-Label für andere elektrische Anlagen ausgestaltet. Dies vor allem im Hinblick auf die europaweite Verbreitung.

USV-Anlage		BFE USV1A VFI-SS-111	
Hersteller Modell der 1-phasigen USV-Anlage Klassifizierung der USV-Anlage ¹⁾		XXX / XXX	
Nennleistung kW ²⁾ / kVA ³⁾		Normalbetrieb Icon ohne Bypass gemäss Aufbau	Bypass-Betrieb Icon mit Bypass gemäss Aufbau
Betriebsart			
Niedrige Verluste 			
Hohe Verluste 			
Energieverluste kWh bei 6'760 Betriebsstunden ⁴⁾		xx.x	xx.x
Energieverluste kWh bei 2'000 Std. Standby-Modus		xx.x	xx.x
Abschirmung von Netzstörungen		$U_N = \text{~~~~~} \text{ } ^{5)}$	
Netzausfall		✓	> X ms
Netzunterbruch und Netzeinbruch		✓	> X ms
Über- und Unterspannung		✓	> X ms
Spannungsschwankungen		✓	> X ms
Spannungsverzerrungen		✓	
Frequenzschwankungen		✓	> X ms
Schnelle Transienten		✓	< XXX % U_N
Energereiche Transienten		✓	< XXX % U_N
Netzurückwirkungen		λ / THD ⁶⁾	
bei Nennleistung in kW ²⁾		x.xx / xx.x %	x.xx / xx.x %
bei Nennleistung in kVA ³⁾		x.xx / xx.x %	x.xx / xx.x %

¹⁾ Klassifikation der USV gemäss IEC 62040-3
²⁾ bei rein ohmscher Last
³⁾ bei nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3
⁴⁾ Verluste bei nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3 mit 75 % Nennleistung
⁵⁾ U_N = Nennausgangsspannung;
⁶⁾ Leistungsfaktor λ / Klirrfaktor des Eingangsstromes
 Abschirmung ausreichend, wenn die Ausgangsspannung EN 50160 erfüllt.
 BFE-Richtlinien für USV-Anlagen
 Januar 2005

Abbildung 1: Label für kleine 1-phasige USV-Anlagen

Das Label für USV-Anlagen macht Aussagen über die Energieeffizienz und die Qualität der jeweiligen Anlage. Zudem werden die möglichen Betriebsarten beurteilt. Die Qualität umfasst die prozessorientierte Funktion der USV-Anlagen. Somit können qualitativ gleichwertige USV-Anlagen bezüglich ihrer Energieeffizienz miteinander verglichen werden.

Die Angaben im Label für USV-Anlagen entsprechen einer übersichtlichen Zusammenfassung der Qualitäts-/Energie-Matrix. Zur Ermittlung der einzelnen Werte der Q/E-Matrix ist ein Messverfahren definiert, das auf IEC 62040-3 abgestimmt ist.

3.2. INFORMATIONSGEHALT

Das Label für USV-Anlagen beinhaltet folgende Angaben:

- Hersteller / Modell
- Klassifizierung gemäss IEC 62040-3
- Nennleistung
- Betriebsart
- Verlustleistung
- Energieverluste pro Jahr
- Abschirmung von Netzstörungen
- Netzurückwirkungen

Im Folgenden werden einzelne Angaben des Labels erläutert.

3.2.1. Hersteller / Modell

Der Hersteller und der Anlagentyp der 1-phasigen USV-Anlage werden angegeben.

3.2.2. Klassifizierung der USV-Anlage

Die Klassifizierung der USV-Anlage gemäss IEC 62040-3 Tabelle D.1 wird spezifiziert. Dies informiert über die Abhängigkeit des Ausgangs von der Eingangsspannung und Eingangsfrequenz bei Normalbetrieb (VFI-...), die Spannungsform am Ausgang (...SS-) und die Ausgangsdynamik (...111).

3.2.3. Nennleistung

Die Nennleistung in kW bei ohmscher Last und die Nennleistung in kVA bei nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3 werden angegeben. Diese Nennleistungen können dauernd bezogen werden. Ist eine dauernde Belastung mit Nennleistung nicht möglich, so muss die maximale Betriebsdauer bei Nennleistung angegeben werden.

3.2.4. Betriebsarten

USV-Anlagen weisen prinzipiell die drei Betriebsarten „Normalbetrieb“, „Bypass-Betrieb“ oder „Betrieb ab Batterie“ auf. Da der „Betrieb ab Batterie“ nur kurzzeitig auftritt und für die Energieeffizienz der USV-Anlagen nicht relevant ist, werden mit dem Label nur die andern beiden Betriebsarten aufgeführt. Angaben zum „Bypass-Betrieb“ werden auf dem Label nur gemacht, wenn die USV-Anlage über einen Bypass verfügt und dieser bei ungestörtem Netz auch dauernd in Betrieb sein kann.

In der Betriebsart „**Normalbetrieb**“ werden die angeschlossenen Lasten im Normalbetrieb über den USV-Pfad versorgt, d.h. abhängig vom Aufbau der USV-Anlage über den Doppelumrichter, das Leistungsinterface oder direkt ab dem Netz bei Passiv Stand-by Anlagen. Bei einer Störung des USV-Pfades erfolgt eine Umschaltung auf den Bypass soweit dies möglich ist. Sobald die Störung behoben ist, wird nach einer Stabilisierungsphase wieder auf den USV-Pfad zurückgeschaltet.

In der Betriebsart „**Bypass-Betrieb**“ werden die angeschlossenen Lasten über den Bypass versorgt. Dabei müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Beim Auftreten von Netzstörung schaltet die USV-Anlage vom Bypass-Betrieb in den Normalbetrieb oder den Betrieb ab Batterie um.
- Bei einer durch Netzstörungen bedingten Umschaltung vom Bypass-Betrieb in den Normalbetrieb oder den Betrieb ab Batterie darf ein Spannungsunterbruch von maximal 10 ms auftreten.
- Im Bypass-Betrieb ist zu gewährleisten, dass automatisch ein periodischer Test der Batteriekapazität und des Normalbetriebes erfolgt.

Auf dem Label werden abhängig vom Aufbau der USV-Anlage die folgenden Icons für die Darstellung des Normalbetriebes und des Bypass-Betriebes verwendet. Die Gestaltungen der Icons erfolgen in Anlehnung an IEC 62040-3.

Doppelwandler USV-Anlage (VFI-..):

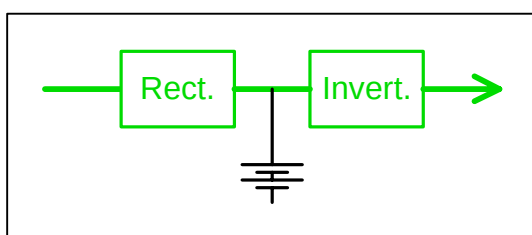


Abbildung 2: Normalbetrieb VFI

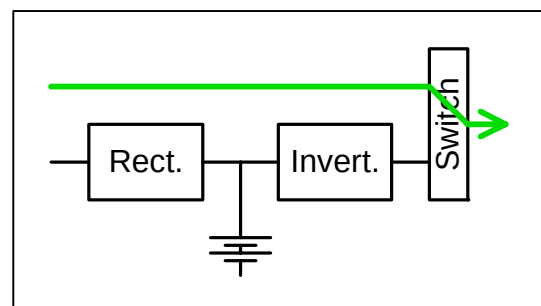


Abbildung 3: Bypass-Betrieb VFI

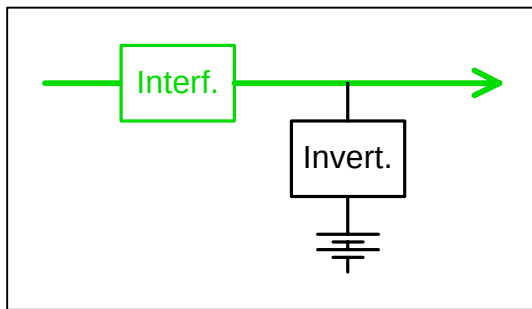
Line-Interaktiv USV-Anlage (VI-..):

Abbildung 4: Normalbetrieb VI

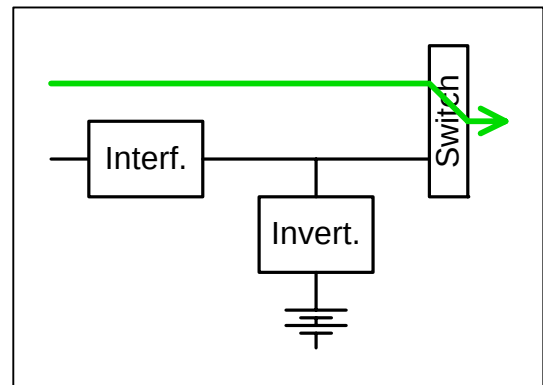


Abbildung 5: Bypass-Betrieb VI

Passiv Stand-by USV-Anlage (VFD-..):

Die Passiv Stand-by USV-Anlagen weisen keinen Bypass-Betrieb auf, da der Normalbetrieb diese Funktionalität beinhaltet.

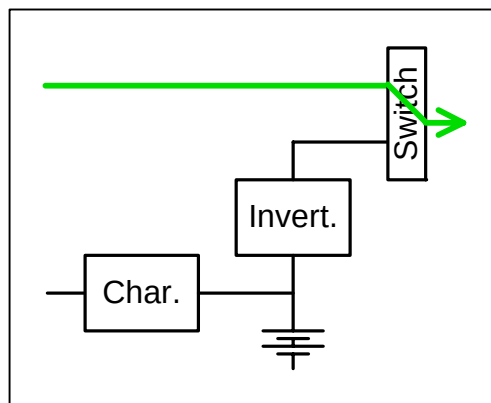
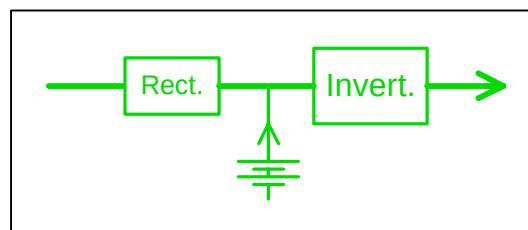


Abbildung 6: Normalbetrieb VFD

Für USV-Anlagen mit einem Aufbau oder einer Betriebsart, die von den Standards abweichen, sind die Icons entsprechend anzupassen. So ist z.B. bei USV-Anlagen mit einer reduzierten Leistung des Gleichrichters mittels folgendem Icon darauf hinzuweisen, dass im Normalbetrieb auch Energie aus der Batterie bezogen wird. Die Dauer, während der Nennleistung über den USV-Pfad bezogen werden kann, ist bei diesen Anlagen abhängig von der Kapazität der Batterien zeitlich begrenzt.

Abbildung 7: Normalbetrieb VFI
mit reduzierter Gleichrichterleistung

3.2.5. Verlustleistungen

Die Verlustleistungen werden mit sämtlichen Lasten gemäss der Q/E-Matrix ermittelt. Für die Klassifizierung im Label wird jeweils die maximale Verlustleistung berücksichtigt.

Abhängig von der maximalen Verlustleistung im Leistungsbereich von 25 % bis 100 % der Nennleistung wird der „Normalbetrieb“ und der „Bypass-Betrieb“ dem jeweiligen Bereich (A bis G) zugeordnet. Ist ein dauernder „Bypass-Betrieb“ nicht möglich, so entfällt diese Angabe, d.h. es wird lediglich der Wirkungsgrad bei „Normalbetrieb“ angegeben.

3.2.6. Energieverluste

Die jährlichen Energieverluste der USV-Anlage, d.h. die durch die USV-Anlage verursachten Übertragungsverluste zwischen dem Eingang und dem Ausgang der USV-Anlage, werden angegeben. Dabei wird beim „Normalbetrieb“ und beim „Bypass-Betrieb“ von einer nichtlinearen Last gemäss IEC 62040-3 mit 75 % Nennleistung während 6'760 Betriebsstunden ausgegangen.

Zusätzlich zu den jährlichen Energieverlusten werden die Energieverluste für 2'000 Stunden Standby-Modus, d.h. für 2'000 Stunden Leerlauf mit $U_A = 230 \text{ V}$ und $I_A = 0 \text{ A}$, aufgeführt.

3.2.7. Abschirmung von Netzstörungen

Die ausreichende Abschirmung der Last gegenüber den Netzstörungen gemäss der Q/E-Matrix wird für den „Normalbetrieb“ und „Bypass-Betrieb“ angegeben.

- Normalbetrieb

Die Netzstörungen müssen durch die USV-Anlage ausreichend reduziert werden, so dass am Ausgang die Spannung der Norm EN 50160 entspricht.

- Bypass-Betrieb

Beim Auftreten einer Netzstörung muss die USV-Anlage vom Bypass-Betrieb in den Normalbetrieb oder den Betrieb ab Batterie umgeschaltet werden. Dabei darf ein Spannungsunterbruch von maximal 10 ms auftreten.

Die Spannungsverzerrungen können im „Bypass-Betrieb“ nicht abgeschirmt werden.

Die transienten Spannungen müssen auch im „Bypass-Betrieb“ ausreichend reduziert werden und dürfen zu keiner Störung der USV-Anlage führen, d.h. eine entsprechende Filterwirkung muss auch im „Bypass-Betrieb“ vorhanden sein.

Ist eine der beiden Betriebsarten nicht möglich, so entfallen die jeweiligen Angaben.

3.2.8. Netzurückwirkungen

Die Netzurückwirkungen bei „Normalbetrieb“ und bei „Bypass-Betrieb“ werden für die folgenden Betriebszustände angegeben

- Nennleistung mit rein ohmscher Last und
- Nennleistung mit nichtlinearer Last gemäss IEC 62'4'-3.

Die Angaben der Netzurückwirkungen umfassen:

- Den Leistungsfaktor λ am Eingang der USV-Anlage.
- Den Klirrfaktor des Eingangsstromes, welcher der Gesamtheit aller Oberschwingungsströme des Eingangsstromes entspricht.

Die maximal zulässigen Oberschwingungsströme des Eingangsstroms der USV-Anlage sind

abhängig von der jeweiligen Kurzschlussleistung am Anschlusspunkt. Die Ermittlung des zulässigen Maximalwertes für die Gesamtheit aller Oberschwingungsströme muss gemäss der „Empfehlung für die Beurteilung von Netzurückwirkungen“ des Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE-Empfehlung Nr. 2.72d-97) erfolgen.

Im Bypass-Betrieb können die durch die Lasten verursachten Netzurückwirkungen lediglich mittels vorgeschalteten Filtern reduziert werden. Müssen solche vorgeschaltete Filter installiert werden, um einen Normalbetrieb über Bypass zu ermöglichen, so sind die vorgeschalteten Filter bei der Verlustmessung mit zu berücksichtigen.

3.3. BEISPIELE VON LABELS FÜR USV-ANLAGEN

Zur Illustration der Ausgestaltung der Labels werden für die drei unterschiedlichen Konfigurationen von USV-Anlagen, wie USV-Anlage mit Doppelumwandlung (Anhang 2), Line Interaktiv USV-Anlage (Anhang 3) und Passiv Stand-by USV-Anlage (Anhang 4), im Anhang mögliche Beispiele aufgezeigt.

4. VERBINDLICHKEIT DES LABEL

4.1. VERGABE DES LABELS

Die Vergabe des Labels für kleine 1-phasige USV-Anlagen erfolgt auf Grund der Selbstdeklaration (Konformitätsnachweis) durch den Hersteller. Das Label entspricht einer Warendeclaration und untersteht dem Gesetz gegen unlauteren Wettbewerb. Die Messungen können pro Model durchgeführt werden, d.h. nicht jede USV-Anlage muss ausgemessen werden.

4.2. ÜBERPRÜFUNG DES LABELS

Die Angaben auf dem Label für USV-Anlagen müssen durch eine neutrale Überprüfung von einer unabhängigen, akkreditierten Prüfstelle nachvollzogen werden können, d.h. die Angaben müssen bei jeder Anlage verifizierbar sein. Bei einer Überprüfung des Labels durch eine unabhängige Prüfstelle gilt das auf IEC 62040-3 abgestimmte Messverfahren für USV-Anlagen [1] als Grundlage.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1]: Bundesamt für Energie: Dokumentation des Projektes „Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen“
- [2]: IEC 62040-3 “Uninterruptible power systems (UPS) – Part 3”; First edition 1999-03; Reference number IEC 62040-3:1999(E)
- [3]: Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke: „Empfehlungen für die Beurteilung von Netzurückwirkungen“ (VSE-Empfehlung Nr. 272d-97)

ANHANG

- Anhang 1: Qualitäts-/Energiematrix (Q/E-Matrix)
- Anhang 2: Beispiel eines Labels für eine Doppelwandler USV-Anlage
- Anhang 3: Beispiel eines Labels für eine Line Interaktiv USV-Anlage
- Anhang 4: Beispiel eines Labels für eine Passiv Stand-by USV-Anlage

ANHANG 1: QUALITÄTS/ENERGIEMATRIX (Q/E-MATRIX)

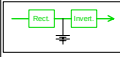
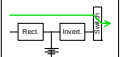
Q/E-Matrix: Nenndaten und Behebung von Netzstörungen

USV - Typ:		Nennwirkleistung (P_{Nenn}):									
Hersteller:		Nennscheinleistung (S_{Nenn}):									
Aufbau:		Klassifikations-Code:									
Netzspannung im Normalfall (U_{NORM} gemäss EN 50160)		Ausgangsspannung der USV-Anlage									
	Spannung 230 V +/- 10 % Frequenz 50 Hz +/- 1.0 %	Die Ausgangsspannung der USV-Anlage muss bei allen Betriebsarten innerhalb U_{Norm} liegen. Die Betriebsarten sind Normalbetrieb, Bypass-Betrieb und Betrieb ab Batterie.									
Netzstörungen (Eingang) Art der Störung (Messverfahren) Bereich		Störungsbehebung (Ausgang) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="padding: 5px;">Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)</th> <th colspan="2" style="padding: 5px;">Bypass-Betrieb (Betrieb vor der Netzstörung über den Bypass)</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">U_{NORM} erfüllt ?</th> <th style="padding: 5px;">Abweichung von U_{NORM}</th> <th style="padding: 5px;">U_{NORM} erfüllt ?</th> <th style="padding: 5px;">Abweichung von U_{NORM}</th> </tr> </table>		Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)		Bypass-Betrieb (Betrieb vor der Netzstörung über den Bypass)		U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}	U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}
Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)		Bypass-Betrieb (Betrieb vor der Netzstörung über den Bypass)									
U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}	U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}								
	Netzausfall (Kap. 2) $t_{\text{UE}} > 1 \text{ s}$	ja/nein	ja/nein								
	Netzunterbruch, Netzeinbruch (Kap. 4.1, 4.4 – 4.5) $t_{\text{UE}} < 1 \text{ s}$	ja/nein	ja/nein								
	Über-, Unterspannung (Kap. 3.1 – 3.3) $\Delta U_E = \pm 10 \%$ $\Delta U_E = \pm 25 \%$	ja/nein	ja/nein								
	Spannungsschwankungen (Kap. 4.1 – 4.3) $\Delta U_E = -30 \%$ $\Delta U_E = -60 \%$	ja/nein	ja/nein								
	Spannungsverzerrungen (Kap. 5) Störpegel der Klasse 3 Gemäss IEC 61000-4-13	ja/nein	ja/nein								
	Frequenzschwankungen (Kap. 3.1; 3.4 – 3.5) $\Delta f_{\text{ESprung}} = \pm 10 \%$ $\Delta f_{\text{Ekont}} = \pm 10 \%$	ja/nein	ja/nein								
	Spannungsspitzen (Kap. 6 & 7) schnelle Transiente gemäss IEC 61000-4-4	ja/nein	ja/nein								
	energiereiche Transiente gemäss IEC 61000-4-5	ja/nein	ja/nein								
Legende: U_{NORM} Normspannung gemäss EN 50160 (230 V +/- 10 %; 50 Hz +/- 1.0 %) P_{Nenn} Max. Dauerausgangswirkleistung bei linearer, ohmscher Belastung S_{Nenn} Max. Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss EN/IEC 62040-3		Aufbau und Klassifikations-Code: gemäss IEC 62040-3 Last: 100 %, lineare, ohmsche Last oder 100 % lineare Scheinlast Die Messung der Spannungsspitzen erfolgt bei 100 %, linearer, Scheinlast oder bei einer Belastung von max. 16 A / Phase bei USV-Anlagen mit einer Leistung grösser als 20 kV A									

Q/E-Matrix: Netzurückwirkungen, Verluste und Wirkungsgrade

Netzurückwirkungen im Normalbetrieb am Eingang bei 230 V (Messverfahren Kapitel 8)									
Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)					Lasten am Ausgang				
Leistungsfaktor		Klirrfaktor des Eingangsstromes		Stromspektrum Referenznummer					
$\lambda =$		$k =$ %			bei 100 % linearer, ohmscher Last (P_{Nenn})				
$\lambda =$		$k =$ %			bei 100 % nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3 (S_{Nenn})				
$\lambda =$		$k =$ %			bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda =$)				
$\lambda =$		$k =$ %			bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss EC 62040-3				
Bypass-Betrieb (Betrieb über den Bypass)					Lasten am Ausgang				
Leistungsfaktor		Klirrfaktor des Eingangsstromes		Stromspektrum Referenznummer					
$\lambda =$		$k =$ %			bei 100 % linearer, ohmscher Last (P_{Nenn})				
$\lambda =$		$k =$ %			bei 100 % nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3 (S_{Nenn})				
$\lambda =$		$k =$ %			bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda =$)				
$\lambda =$		$k =$ %			bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3				
Verluste und Wirkungsgrade im Normalbetrieb (Eingangsspannung $U_E = 230 \text{ V} \pm 10 \%$) (Messverfahren Kapitel 9)									
Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)									
Leistung		Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über USV mit							
	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3		max. Ausgangsstrom ($\lambda =$)		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss IEC 62040-3		
25 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----	
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%	
75 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----	
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----	
Standby-Verluste:		W bei U_A = Nennspannung und $I_A = 0 \text{ A}$							
Bypass-Betrieb (Betrieb über den Bypass)									
Leistung		Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über Bypass mit							
	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3		max. Ausgangsstrom ($\lambda =$)		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss IEC 62040-3		
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%	
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----	
Standby-Verluste:		W bei U_A = Nennspannung und $I_A = 0 \text{ A}$							

ANHANG 2: BEISPIEL EINES LABELS FÜR EINE DOPPELWANDLER USV-ANLAGE

USV-Anlage																																	
Hersteller Modell der 1-phasigen USV-Anlage Klassifizierung der USV-Anlage ¹⁾	BFE USV-B1 VFI-SS-111																																
Nennleistung kW ²⁾ / kVA ³⁾ Betriebsart	5.5 / 6.0 Normalbetrieb Bypass-Betrieb  																																
Niedrige Verluste Verluste < 2 % A Verluste < 4 % B Verluste < 6 % C Verluste < 8 % D Verluste < 10 % E Verluste < 12 % F Verluste >= 12 % G Hohe Verluste	C A																																
Energieverluste kWh bei 6'760 Betriebsstunden ⁴⁾ Energieverluste kWh bei 2'000 Std. Standby-Modus	2000 400 200 200																																
Abschirmung von Netzstörungen	$U_N = $  ⁵⁾																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr> <td style="width: 40%;">Netzausfall</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">✓</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">✓ > 10 ms</td> </tr> <tr> <td>Netzunterbruch und Netzeinbruch</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td style="text-align: center;">✓ > 10 ms</td> </tr> <tr> <td>Über- und Unterspannung</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td style="text-align: center;">✓ > 5 ms</td> </tr> <tr> <td>Spannungsschwankungen</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td style="text-align: center;">✓ > 5 ms</td> </tr> <tr> <td>Spannungsverzerrungen</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Frequenzschwankungen</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td style="text-align: center;">✓ > 5 ms</td> </tr> <tr> <td>Schnelle Transienten</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td style="text-align: center;">< 10 % U_N</td> </tr> <tr> <td>Energereiche Transienten</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td style="text-align: center;">< 15 % U_N</td> </tr> </table>	Netzausfall		✓	✓ > 10 ms	Netzunterbruch und Netzeinbruch		✓	✓ > 10 ms	Über- und Unterspannung		✓	✓ > 5 ms	Spannungsschwankungen		✓	✓ > 5 ms	Spannungsverzerrungen		✓		Frequenzschwankungen		✓	✓ > 5 ms	Schnelle Transienten		✓	< 10 % U_N	Energereiche Transienten		✓	< 15 % U_N	
Netzausfall		✓	✓ > 10 ms																														
Netzunterbruch und Netzeinbruch		✓	✓ > 10 ms																														
Über- und Unterspannung		✓	✓ > 5 ms																														
Spannungsschwankungen		✓	✓ > 5 ms																														
Spannungsverzerrungen		✓																															
Frequenzschwankungen		✓	✓ > 5 ms																														
Schnelle Transienten		✓	< 10 % U_N																														
Energereiche Transienten		✓	< 15 % U_N																														
Netzzrückwirkungen	λ / THD ⁶⁾																																
bei Nennleistung in kW ²⁾	0.97 / 5 % 0.99 / 3 %																																
bei Nennleistung in kVA ³⁾	0.97 / 5 % 0.95 / 25 %																																

1) Klassifikation der USV gemäss IEC 62040-3

2) bei rein ohmscher Last

3) bei nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3

4) Verluste bei nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3 mit 75 % Nennleistung

5) U_N = Nennausgangsspannung;

6) Leistungsfaktor λ / Klirrfaktor des Eingangsstromes

Abschirmung ausreichend, wenn die Ausgangsspannung EN 50160 erfüllt.

BFE-Richtlinien für USV-Anlagen

Januar 2005

ANHANG 3: BEISPIEL EINES LABELS FÜR EINE LINE INTERAKTIV USV-ANLAGE

USV-Anlage			
Hersteller Modell der 1-phasigen USV-Anlage Klassifizierung der USV-Anlage ¹⁾		BFE USV-B2 VI-SS-212	
Nennleistung kW ²⁾ / kVA ³⁾ Betriebsart		5.5 / 6.0 Normalbetrieb Bypass-Betrieb	
Niedrige Verluste Verluste < 2 % A Verluste < 4 % B Verluste < 6 % C Verluste < 8 % D Verluste < 10 % E Verluste < 12 % F Verluste >= 12 % G Hohe Verluste			
Energieverluste kWh bei 6'760 Betriebsstunden ⁴⁾ Energieverluste kWh bei 2'000 Std. Standby-Modus		1600 200	400 200
Abschirmung von Netzstörungen		$U_N =$ ⁵⁾	
Netzausfall		✓	✓ > 10 ms
Netzunterbruch und Netzeinbruch		✓	✓ > 10 ms
Über- und Unterspannung		✓	✓ > 10 ms
Spannungsschwankungen		✓	✓ > 10 ms
Spannungsverzerrungen		✓	
Frequenzschwankungen			
Schnelle Transienten		< 10 % U_N	< 10 % U_N
Energiereiche Transienten		< 15 % U_N	< 15 % U_N
Netzzrückwirkungen		λ / THD ⁶⁾	
bei Nennleistung in kW ²⁾		0.98 / 3 %	0.99 / 3 %
bei Nennleistung in kVA ³⁾		0.98 / 3 %	0.95 / 25 %

¹⁾ Klassifikation der USV gemäss IEC 62040-3
²⁾ bei rein ohmscher Last
³⁾ bei nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3
⁴⁾ Verluste bei nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3 mit 75 % Nennleistung
⁵⁾ U_N = Nennausgangsspannung;
⁶⁾ Leistungsfaktor λ / Klirrfaktor des Eingangsstromes
 Abschirmung ausreichend, wenn die Ausgangsspannung EN 50160 erfüllt.
 BFE-Richtlinien für USV-Anlagen
 Januar 2005

ANHANG 4: BEISPIEL EINES LABELS FÜR EINE PASSIV STAND-BY USV-ANLAGE

USV-Anlage																																	
Hersteller Modell der 1-phasigen USV-Anlage Klassifizierung der USV-Anlage ¹⁾	BFE USV-B3 VFD-SS-222																																
Nennleistung kW ²⁾ / kVA ³⁾	5.5 / 6.0																																
Betriebsart	Normalbetrieb  Bypass-Betrieb																																
Niedrige Verluste Verluste < 2 % A Verluste < 4 % B Verluste < 6 % C Verluste < 8 % D Verluste < 10 % E Verluste < 12 % F Verluste >= 12 % G Hohe Verluste	A kein Bypass-Betrieb																																
Energieverluste kWh bei 6'760 Betriebsstunden ⁴⁾	400																																
Energieverluste kWh bei 2'000 Std. Standby-Modus	200																																
Abschirmung von Netzstörungen	$U_N = $  ⁵⁾																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Netzausfall</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"></td> <td style="width: 20%; text-align: center;">✓ > 10 ms</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Netzunterbruch und Netzeinbruch</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓ > 10 ms</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Über- und Unterspannung</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓ > 10 ms</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Spannungsschwankungen</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓ > 10 ms</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Spannungsverzerrungen</td> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Frequenzschwankungen</td> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schnelle Transienten</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">< 10 % U_N</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Energereiche Transienten</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">< 15 % U_N</td> <td></td> </tr> </table>	Netzausfall		✓ > 10 ms		Netzunterbruch und Netzeinbruch		✓ > 10 ms		Über- und Unterspannung		✓ > 10 ms		Spannungsschwankungen		✓ > 10 ms		Spannungsverzerrungen				Frequenzschwankungen				Schnelle Transienten		< 10 % U_N		Energereiche Transienten		< 15 % U_N		
Netzausfall		✓ > 10 ms																															
Netzunterbruch und Netzeinbruch		✓ > 10 ms																															
Über- und Unterspannung		✓ > 10 ms																															
Spannungsschwankungen		✓ > 10 ms																															
Spannungsverzerrungen																																	
Frequenzschwankungen																																	
Schnelle Transienten		< 10 % U_N																															
Energereiche Transienten		< 15 % U_N																															
Netzurückwirkungen	λ / THD ⁶⁾																																
bei Nennleistung in kW ²⁾	0.99 / 3 %																																
bei Nennleistung in kVA ³⁾	0.95 / 25 %																																

¹⁾ Klassifikation der USV gemäss IEC 62040-3
²⁾ bei rein ohmscher Last
³⁾ bei nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3
⁴⁾ Verluste bei nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3 mit 75 % Nennleistung
⁵⁾ U_N = Nennausgangsspannung;
⁶⁾ Leistungsfaktor λ / Klirrfaktor des Eingangsstromes
 Abschirmung ausreichend, wenn die Ausgangsspannung EN 50160 erfüllt.
 BFE-Richtlinien für USV-Anlagen
 Januar 2005

March 2005

Label for small single-phase UPS

prepared by

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

This study has been carried out on behalf of Swiss Federal Office of Energy. All contents and conclusions are the sole responsibility of the authors.

This report is available also in German.

Please refer to the following web site for additional information concerning the Swiss Federal Office of Energy "Electricity" programme:
www.electricity-research.ch

INDEX

1. Introduction	1
2. Goals, constraints and technical basis.....	1
2.1. Goals	1
2.2. Constraints	1
2.3. Technical basis	2
3. Design of the label for UPS.....	3
3.1. Format of the label	3
3.2. Description of the information shown on the label.....	4
3.2.1. Manufacturer / Model.....	4
3.2.2. Classification of UPS	4
3.2.3. Nominal power	4
3.2.4. Mode of operation.....	5
3.2.5. Losses	7
3.2.6. Energy losses per year	7
3.2.7. Filtering of mains disturbances	7
3.2.8. Power factor and harmonic distortion	7
3.3. Examples of labels for UPS	8
4. Bindingness of the label.....	8
4.1. Awarding the label	8
4.2. Review process	8
Bibliography	9
Annex.....	9
Annex 1: Quality-/Energy-Matrix.....	10
Annex 2: Example of a Label of a UPS double conversion	12
Annex 3: Example of a Label of a UPS line interactive operation	13
Annex 4: Example of a Label of a UPS passive stand-by operation.....	14

1. INTRODUCTION

Uninterruptible Power Systems (UPS) are constructed using a variety of different technologies. Depending on method of construction and mode of operation, their quality as load and as supply system and their energy efficiency varies. It is difficult to compare different UPS because so far no standard criteria for comparison have been established.

The Swiss Federal Office of Energy (SFOE) commissioned the project „Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen“ [1] and created a basis for comparing UPS. The result of this project was a standardised method for determining the parameters of UPS, including a definition of measurement procedures in order to determine the quality of UPS and their energy efficiency.

This definition is the basis for the proposed labelling method for small single-phase UPS. The label will permit the standardised comparison of single-phase UPS up to a power of 6 kW respectively 6 kVA.

2. GOALS, CONSTRAINTS AND TECHNICAL BASIS

2.1. GOALS

The proposed label for UPS contains information about the quality of the systems and their energy efficiency. The introduction of a standardised label for UPS has the following goal:

Labelling will permit comparison of the relative quality and energy efficiency of UPS which will, in turn, the label permits the user to improve the selection and the operation of UPS.

2.2. CONSTRAINTS

The following constraints must be considered in designing labelling of UPS:

- The label will have to be approved by the manufacturers and distributors of UPS, as well as by their users.
- The label will allow the manufacturers and distributors a standardised and therefore comparable method for declaring the parameters and performance specifications of their UPS.
- Since the proposed labelling of UPS is intended to be used throughout Europe, the design of the label should conform to EU standards.

2.3. TECHNICAL BASIS

The proposed labelling is based upon the results of the project „Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen“ [1]. This project was performed during the years 1997/98 by order of the Swiss Federal Office of Energy. An essential outcome of this project is the Quality-/Energy-Matrix (Annex 1).

The Q/E-Matrix shows the relationship between the process-oriented quality criteria and the energy relevant parameters and provides information about process-oriented quality requirements such as:

- reliability of the power supply,
- filtering of mains disturbances,
- improvement of the power factor and
- reduction of harmonic distortion

Furthermore the Q/E-Matrix shows

- energy losses during normal operation and
- energy losses at standby, that means at no load

In addition a standardised procedure to determine the parameters for the Q/E-Matrix is defined. This procedure is according to IEC 62040-3.

3. DESIGN OF THE LABEL FOR UPS

3.1. FORMAT OF THE LABEL

The label for small single-phase UPS has been designed to match the existing EU-Label for other electric appliances. This approach was chosen to facilitate the application of the label for UPS throughout Europe.

Uninterruptible Power System			
Manufacturer Model of single-phase UPS Classification of UPS ¹⁾		SFOE USV1A VFI-SS-111	
Nominal power kW ²⁾ / kVA ³⁾ Mode of operation		XXX / XXX Normal mode Bypass mode Icon without bypass acc. to circuit arrangement Icon with bypass acc. to circuit arrangement	
Low losses Losses < 2 % A Losses < 4 % B Losses < 6 % C Losses < 8 % D Losses < 10 % E Losses < 12 % F Losses >= 12 % G High losses		B A	
Energy losses kWh at 6'760 h of operation ⁴⁾ Energy losses kWh at 2'000 h standby		xx.x xx.x xx.x xx.x	
Filtering of mains disturbances		$U_N =$  ⁵⁾	
Outage		✓	> X ms
Voltage interruption		✓	> X ms
Over- and undervoltages		✓	> X ms
Voltage sags/brownouts		✓	> X ms
Harmonic voltages		✓	
Frequency variations		✓	> X ms
Fast transients		✓	< XXX % U_N
Energy loaded transients		✓	< XXX % U_N
Power factor and harmonic distortion		λ / THDi ⁶⁾	
at nominal power in kW ²⁾		x.xx / xx.x %	x.xx / xx.x %
at nominal power in kVA ³⁾		x.xx / xx.x %	x.xx / xx.x %

¹⁾ Classification of UPS according to IEC 62040-3
²⁾ at ohmic load
³⁾ at non-linear load according to EN/IEC 62040-3
⁴⁾ Energy losses at non-linear load according to EN/IEC 62040-3 with 75 % of nominal power
⁵⁾ U_N = Nominal output voltage;
 Filtering is sufficient, if the output voltage fulfills EN 50160.
⁶⁾ Power factor λ / Total harmonic distortion of the input current THDi
 SFOE-Directions for UPS-Systems
 February 2005

Figure 1: Label for small single-phase UPS

The label for UPS provides information about the energy efficiency and the quality of the system. Furthermore, it considers the possible modes of operation. The quality statement is based on the process-oriented functions of the system. Thus qualitatively equivalent UPS can be compared concerning their energy efficiency.

The parameters shown on the label represent a summary of the key parameters described in the Quality-/Energy-Matrix. The measuring procedure to determine the data of the Q/E-Matrix is defined according to IEC 62040-3 [2].

3.2. DESCRIPTION OF THE INFORMATION SHOWN ON THE LABEL

The label for UPS contains the following information:

- Manufacturer / Model
- Classification according to IEC 62040-3
- Nominal power
- Mode of operation
- Losses
- Energy losses per year
- Filtering of mains disturbances
- Power factor and harmonic distortion

These items are explained in more detail below.

3.2.1. Manufacturer / Model

The manufacturer and the type of the single-phase UPS system are listed.

3.2.2. Classification of UPS

The Classification of UPS according to IEC 62040-3 Table D.1 is specified. This informs about the output dependency at normal operation (VFI-..), the output waveform (...-SS-...) and the output dynamic performance (..-111).

3.2.3. Nominal power

The nominal power in kW at resistive load and the nominal power in kVA using a non-linear load according to IEC 62040-3 are shown. Both values are shown for continuous operation. If continuous operation at nominal power is not possible, the maximum time with nominal power has to be declared.

3.2.4. Mode of operation

UPS have in principle the three modes of operation "Normal mode", "Bypass mode" and "Stored energy mode". Since the "Stored energy mode" is used only during a short time and is not relevant for the energy efficiency of the UPS, only the two other modes of operation are shown with the Label. Data to the "Bypass mode" are given on the Label only if the UPS is equipped with a Bypass and a continuous operation with "Bypass mode" is possible.

In the operation mode "**Normal mode**" the connected load is supplied through the UPS-Path, i.e. depending on the configuration of the UPS through the double conversion, through the power interface or is supplied directly from mains at UPS with passive stand-by. In case of a disturbance of the UPS-Path, the power supplied to the load is switched to the bypass as far as possible. As soon as the disturbance is repaired, the power supplying the load will be switched back to the UPS-Path after a period of stabilization.

In the operation mode "**Bypass mode**" the connected load is supplied through the bypass of the UPS. For this mode of operation the following conditions have to be met:

- As a consequence of mains disturbances the UPS switches from the "Bypass mode" to the "Normal mode" or to the "Stored energy mode".
- When a mains disturbance causes the system to switch from the "Bypass mode" to the "Normal mode" or to the "Stored energy mode" the interruption of power must not exceed 10 ms.
- During the "Bypass mode" the system is required to periodically perform an automatic test of the battery capacity and an automatic test of the "Normal mode".

On the label dependent on the configuration of the UPS the following icons are used for the representation of the "Normal mode" and the "Bypass mode". The design of the icons takes place following to IEC 62040-3.

UPS double conversion (VFI-..):

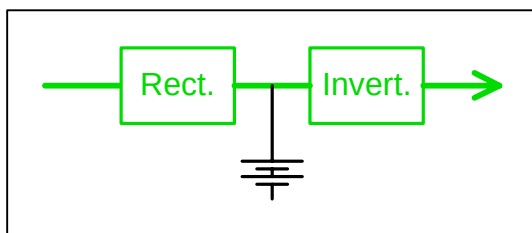


Figure 2: Normal mode VFI

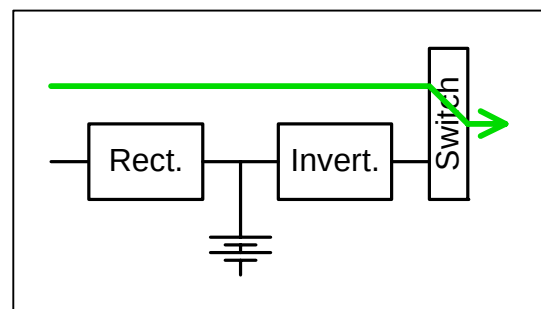


Figure 3: Bypass mode VFI

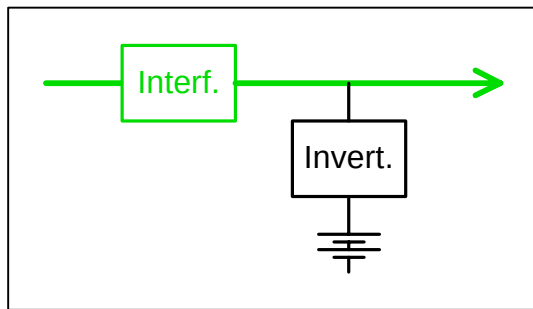
UPS line interactive operation (VI-..):

Figure 4: Normal mode VI

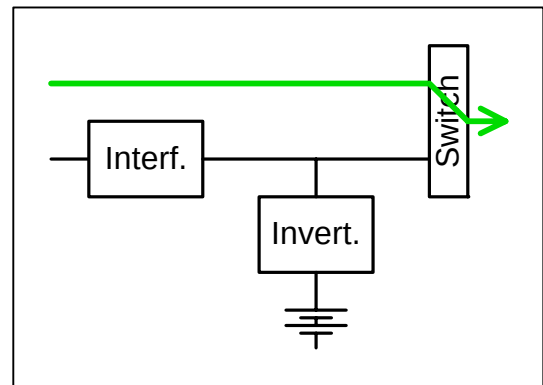


Figure 5: Bypass mode VI

UPS passive stand-by operation (VFD-..):

The UPS with passive stand-by operation do not have a „Bypass mode“, this functionality is included in the „Normal mode“.

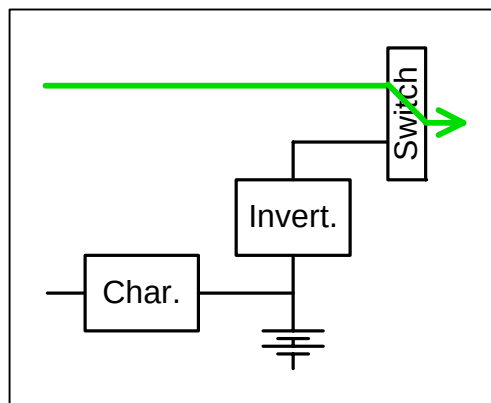
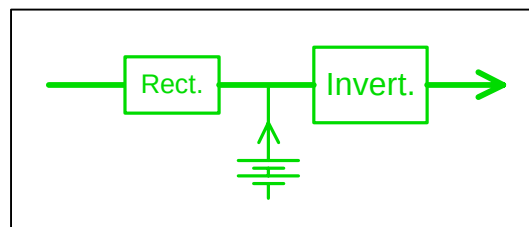


Figure 6: Normal mode VFD

For UPS with a configuration or mode of operation that are different from the standards the icons have to be adapted. E.g. the icon of a UPS with a reduced power of the rectifier has to show that at „Normal mode“ the battery is involved. With this type of UPS system the time during which it can supply nominal power through the UPS-Path is limited and depends on the capacity of the batteries.

Figure 7: Normal mode VFI
with reduced power of the rectifier

3.2.5. Losses

The losses are to be determined with all the different types of loads described in the Q/E-Matrix. The losses shown on the label correspond to the maximum measured losses for the different types of loads.

For the modes of operation, "Normal mode" and "Bypass mode", the maximum losses are determined in a load 25 % to 100 % of nominal power. On the label only the corresponding range is indicated (A-G). If a continuous operation with "Bypass mode" is not possible no declaration will be made for this mode. This means that only the losses at the "Normal mode" are shown.

3.2.6. Energy losses per year

The yearly energy losses of the system are shown, i.e. the energy losses between input and output of the UPS. The losses will be computed assuming a non-linear load according to IEC 62040-3 of 75 % of nominal power over 6'760 h. Energy losses are to shown for both modes of operation.

In addition to the energy losses of a year the energy losses at 2'000 h standby operation are shown. Standby operation is equal with no load operation with $U_{out} = 230 \text{ V}$ and $I_{out} = 0 \text{ A}$.

3.2.7. Filtering of mains disturbances

This section of the label describes the capacity of the UPS system to protect the load against the mains disturbances according to the Q/E-Matrix. This is shown for both modes of operation "Normal mode" and "Bypass mode".

- Normal mode:
The UPS has to reduce mains disturbances sufficiently enough such that the quality of the output-voltage conforms to EN 50160.
- Bypass mode:
When mains disturbances occur, the UPS has to switch from the Bypass mode to the Normal mode or to the Stored energy mode. During this switchover a maximal interruption of the power supply at the output of 10 ms is allowed.
The harmonic voltages cannot be filtered during the Bypass mode.
Transients also must be sufficiently reduced during the Bypass mode and may not lead to malfunctions of the UPS itself. This means that a sufficient level of filtering has to be effective also in the Bypass mode.

If one of the modes of operation is not possible the respective declarations are not applicable.

3.2.8. Power factor and harmonic distortion

The power factor and the harmonic distortion at "Normal mode" and at "Bypass mode" must be shown on the label for the following loads:

- Purely resistive load at nominal power and
- non-linear load according to IEC 62040-3 at nominal power.

The declaration contains:

- The power factor λ at the input of the UPS.
- The total harmonic distortion of the input current, which is the ratio in percent of the

r.m.s. value of the harmonic content to the r.m.s. value of the fundamental component of the alternating quantity of the input current..

The maximum acceptable harmonic currents of the input of a UPS system depend on the short circuit power of the network at the connecting point. The acceptable maximum value of the total harmonic distortion has to be calculated according to the „Empfehlung für die Beurteilung von Netzzrückwirkungen“ [3] of the Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE-Empfehlung Nr. 2.72d-97).

In the Bypass mode it is only possible to reduce the power factor and the harmonic distortion caused by the load with filters that are connected to the input side of the UPS System. If such filters are necessary to allow a Bypass mode, they have to be included measuring the losses.

3.3. EXAMPLES OF LABELS FOR UPS

Possible examples of Labels for the three different configurations of UPS are shown in the annex to illustrate the design of the label for UPS. These configurations are UPS double conversion (Annex 2), for UPS line interactive operation (Annex 3) and for UPS passive stand-by operation (Annex 4).

4. BINDINGNESS OF THE LABEL

4.1. AWARDING THE LABEL

The Label for small single-phase UPS is awarded by self-declaration of conformity to the proposed standards (proof of conformity). The label corresponds to a product specification and so the law against unfair competition is applied. It is sufficient for the manufacturer to measure each model of UPS, i.e. it is not necessary to measure each individual UPS.

4.2. REVIEW PROCESS

The declarations on the label are subject to verification by an independent accredited auditor. This means the data on the label must be verifiable for each individual UPS. Any verification of the declarations on the label by an independent auditor needs to be performed according to IEC 62040-3 and the “Messverfahren für USV-Anlagen” [1].

BIBLIOGRAPHY

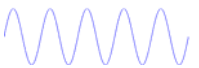
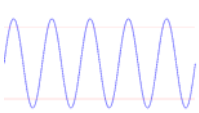
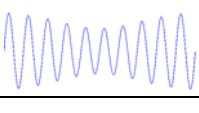
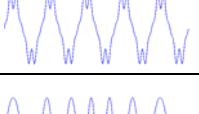
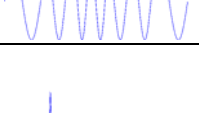
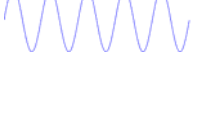
- [1]: Swiss Federal Office of Energy: Documentation of the project „Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen“
- [2]: IEC 62040-3 “Uninterruptible power systems (UPS) – Part 3”; First edition 1999-03; Reference number IEC 62040-3:1999(E)
- [3]: Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke: „Empfehlungen für die Beurteilung von Netzurückwirkungen“ (VSE-Empfehlung Nr. 272d-97)

ANNEX

- Annex 1: Quality-/Energy-Matrix
- Annex 2: Example of a Label of a UPS double conversion
- Annex 3: Example of a Label of a UPS line interactive operation
- Annex 4: Example of a Label of a UPS passive stand-by operation

ANNEX 1: QUALITY-/ENERGY-MATRIX

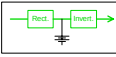
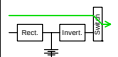
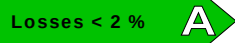
Q/E-Matrix: Nominal data and Filtering of mains disturbances

Model:		Nominal active power (P_{Nom}):			
Manufacturer:		Nominal apparent power (S_{Nom}):			
Circuit arrangement:		Classification code:			
Mains voltage during normal operation (U_{NORM} according to EN 50160)		Output voltage of the UPS			
	Voltage 230 V +/- 10 % Frequency 50 Hz +/- 1.0 %	The output voltage of the UPS has to be within U_{Norm} in all mode of operation as normal mode, bypass mode and stored energy mode.			
Mains disturbances (Input) Disturbance (Testing procedure) Range		Filtering of mains disturbances (Output) Normal mode (operation through UPS Path) Bypass mode (operation through bypass before mains disturbance)			
		U_{NORM} o.k. ?	Deviation of U_{NORM}	U_{NORM} o.k. ?	Deviation of U_{NORM}
	Outage (Chap. 2) $t_{\text{UI}} > 1 \text{ s}$	Yes/No		Yes/No	
	Voltage interruption (Chap. 4.1, 4.4 – 4.5) $t_{\text{UI}} < 1 \text{ s}$	Yes/No		Yes/No	
	Over- and undervoltages (Chap. 3.1 – 3.3) $\Delta U_{\text{I}} = \pm 10 \%$ $\Delta U_{\text{I}} = \pm 25 \%$	Yes/No		Yes/No	
	Voltage sags / brownouts (Chap. 4.1 – 4.3) $\Delta U_{\text{I}} = - 30 \%$ $\Delta U_{\text{I}} = - 60 \%$	Yes/No		Yes/No	
	Harmonic voltages (Chap. 5) Distortion level class 3 according to IEC 61000-4-13	Yes/No		Yes/No	
	Frequency variations (Chap. 3.1; 3.4 – 3.5) $\Delta f_{\text{IStep}} = \pm 10 \%$ $\Delta f_{\text{ICont}} = \pm 10 \%$	Yes/No		Yes/No	
	Transients (Chap. 6 & 7) Fast transients according to IEC 61000-4-4	Yes/No		Yes/No	
	Energy loaded transients according to IEC 61000-4-5	Yes/No		Yes/No	
Legend: U_{NORM} Normal voltage according to EN 50160 (230 V +/- 10 %; 50 Hz +/- 1.0 %) P_{Nom} Max. continuous nominal output power at linear ohmic load S_{Nom} Max. continuous nominal output power at non-linear load according to IEC 62040-3		Circuit arrangement and Classification code: according to IEC 62040-3 Load: 100 % linear ohmic or apparent load The transients are measured at 100 % linear apparent load or at a load of maximum 16 A / phase at UPS-Systems with a power higher than 20 kVA			

Q/E-Matrix: Power factor, harmonic currents, losses and energy efficiency

Power factor and harmonic currents during normal operation at the input at 230 V (Testing procedure chapter 8)								
Normal mode (operation through UPS Path)					Load at the output			
Power factor	THDi of the input current		Individual harmonic currents					
$\lambda =$	k = %				at 100 % linear ohmic load (P_{Nnom})			
$\lambda =$	k = %				at 100 % non-linear load according to IEC 62040-3 (S_{Nom})			
$\lambda =$	k = %				at maximum output current (Power factor $\lambda =$)			
$\lambda =$	k = %				at 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetric non-linear load according to IEC 62040-3			
Bypass mode (operation through bypass)					Load at the output			
Power factor	THDi of the input current		Individual harmonic currents					
$\lambda =$	k = %				at 100 % linear ohmic load (P_{Nnom})			
$\lambda =$	k = %				at 100 % non-linear load according to IEC 62040-3 (S_{Nom})			
$\lambda =$	k = %				at maximum output current (Power factor $\lambda =$)			
$\lambda =$	k = %				at 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetric non-linear load according to IEC 62040-3			
Losses and efficiency during normal operation (Input voltage $U_i = 230 \text{ V} \pm 10 \%$) (Testing procedure chapter 9)								
Normal mode (operation through UPS Path)								
Power	Losses (in W) and efficiency (in %) during normal operation through UPS-Path with							
	Linear ohmic load		Non-linear load according to IEC 62040-3		Maximum output current ($\lambda =$)		Asymmetric non-linear load according to IEC 62040-3	
25 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
50 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	W	%
75 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
100 % Nom. power	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby Losses: W at U_{out} = nominal voltage and $I_{out} = 0 \text{ A}$								
Bypass mode (operation through bypass)								
Power	Losses (in W) and efficiency (in %) during normal operation through bypass with							
	Linear ohmic load		Non-linear load according to IEC 62040-3		Maximum output current ($\lambda =$)		Asymmetric non-linear load according to IEC 62040-3	
50 % Nom. power	W	%	W	%	-----	-----	W	%
100 % Nom. power	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby Losses: W at U_{out} = nominal voltage and $I_{out} = 0 \text{ A}$								

ANNEX 2: EXAMPLE OF A LABEL OF A UPS DOUBLE CONVERSION

Uninterruptible Power System		
Manufacturer Model of single-phase UPS Classification of UPS ¹⁾	SFOE USV-B1 VFI-SS-111	
Nominal power kW ²⁾ / kVA ³⁾ Mode of operation	5.5 / 6.0 Normal mode Bypass mode  	
Low losses        High losses	 	
Energy losses kWh at 6'760 h of operation ⁴⁾	2000	400
Energy losses kWh at 2'000 h standby	200	200
Filtering of mains disturbances	$U_N = $  ⁵⁾	
Outage		✓ ✓ > 10 ms
Voltage interruption		✓ ✓ > 10 ms
Over- and undervoltages		✓ ✓ > 5 ms
Voltage sags/brownouts		✓ ✓ > 5 ms
Harmonic voltages		✓
Frequency variations		✓ ✓ > 5 ms
Fast transients		✓ < 10 % U_N
Energy loaded transients		✓ < 15 % U_N
Power factor and harmonic distortion	λ / THDi ⁶⁾	
at nominal power in kW ²⁾	0.97 / 5 %	0.99 / 3 %
at nominal power in kVA ³⁾	0.97 / 5 %	0.95 / 25 %

¹⁾ Classification of UPS according to IEC 62040-3
²⁾ at ohmic load
³⁾ at non-linear load according to EN/IEC 62040-3
⁴⁾ Energy losses at non-linear load according to EN/IEC 62040-3 with 75 % of nominal power
⁵⁾ U_N = Nominal output voltage;
 Filtering is sufficient, if the output voltage fulfills EN 50160.
⁶⁾ Power factor λ / Total harmonic distortion of the input current THDi
 SFOE-Directions for UPS-Systems
 February 2005

ANNEX 3: EXAMPLE OF A LABEL OF A UPS LINE INTERACTIVE OPERATION

Uninterruptible Power System		
Manufacturer Model of single-phase UPS Classification of UPS ¹⁾	SFOE USV-B2 VI-SS-212	
Nominal power kW ²⁾ / kVA ³⁾ Mode of operation	5.5 / 6.0 Normal mode Bypass mode  	
Low losses		
Losses < 2 % A		
Losses < 4 % B		
Losses < 6 % C		
Losses < 8 % D		
Losses < 10 % E		
Losses < 12 % F		
Losses >= 12 % G		
High losses		
Energy losses kWh at 6'760 h of operation ⁴⁾	1600	400
Energy losses kWh at 2'000 h standby	200	200
Filtering of mains disturbances	$U_N = $  ⁵⁾	
Outage		✓ ✓ > 10 ms
Voltage interruption		✓ ✓ > 10 ms
Over- and undervoltages		✓ ✓ > 10 ms
Voltage sags/brownouts		✓ ✓ > 10 ms
Harmonic voltages		✓
Frequency variations		
Fast transients		< 10 % U_N < 10 % U_N
Energy loaded transients		< 15 % U_N < 15 % U_N
Power factor and harmonic distortion	λ / THDi ⁶⁾	
at nominal power in kW ²⁾	0.98 / 3 %	0.99 / 3 %
at nominal power in kVA ³⁾	0.98 / 3 %	0.95 / 25 %

¹⁾ Classification of UPS according to IEC 62040-3
²⁾ at ohmic load
³⁾ at non-linear load according to EN/IEC 62040-3
⁴⁾ Energy losses at non-linear load according to EN/IEC 62040-3 with 75 % of nominal power
⁵⁾ U_N = Nominal output voltage;
 Filtering is sufficient, if the output voltage fulfills EN 50160.
⁶⁾ Power factor λ / Total harmonic distortion of the input current THDi
 SFOE-Directions for UPS-Systems
 February 2005

ANNEX 4: EXAMPLE OF A LABEL OF A UPS PASSIVE STAND-BY OPERATION

Uninterruptible Power System																																		
Manufacturer Model of single-phase UPS Classification of UPS ¹⁾	SFOE USV-B3 VFD-SS-222																																	
Nominal power kW ²⁾ / kVA ³⁾ Mode of operation	5.5 / 6.0 Normal mode Bypass mode 																																	
Low losses Losses < 2 % A Losses < 4 % B Losses < 6 % C Losses < 8 % D Losses < 10 % E Losses < 12 % F Losses >= 12 % G High losses	A no Bypass mode																																	
Energy losses kWh at 6'760 h of operation ⁴⁾ Energy losses kWh at 2'000 h standby	400 200																																	
Filtering of mains disturbances	$U_N = $  ⁵⁾																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Outage</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">✓</td> <td style="width: 30%;">> 10 ms</td> </tr> <tr> <td>Voltage interruption</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td>> 10 ms</td> </tr> <tr> <td>Over- and undervoltages</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td>> 10 ms</td> </tr> <tr> <td>Voltage sags/brownouts</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td>> 10 ms</td> </tr> <tr> <td>Harmonic voltages</td> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Frequency variations</td> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fast transients</td> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> <td>< 10 % U_N</td> </tr> <tr> <td>Energy loaded transients</td> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> <td>< 15 % U_N</td> </tr> </table>	Outage		✓	> 10 ms	Voltage interruption		✓	> 10 ms	Over- and undervoltages		✓	> 10 ms	Voltage sags/brownouts		✓	> 10 ms	Harmonic voltages				Frequency variations				Fast transients			< 10 % U_N	Energy loaded transients			< 15 % U_N		
Outage		✓	> 10 ms																															
Voltage interruption		✓	> 10 ms																															
Over- and undervoltages		✓	> 10 ms																															
Voltage sags/brownouts		✓	> 10 ms																															
Harmonic voltages																																		
Frequency variations																																		
Fast transients			< 10 % U_N																															
Energy loaded transients			< 15 % U_N																															
Power factor and harmonic distortion	$\lambda / THDi$ ⁶⁾																																	
at nominal power in kW ²⁾	0.99 / 3 %																																	
at nominal power in kVA ³⁾	0.95 / 25 %																																	

¹⁾ Classification of UPS according to IEC 62040-3
²⁾ at ohmic load
³⁾ at non-linear load according to EN/IEC 62040-3
⁴⁾ Energy losses at non-linear load according to EN/IEC 62040-3 with 75 % of nominal power
⁵⁾ U_N = Nominal output voltage;
 Filtering is sufficient, if the output voltage fulfills EN 50160.
⁶⁾ Power factor λ / Total harmonic distortion of the input current THDi
 SFOE-Directons for UPS-Systems
 February 2005

September 2004

Energieoptimierte Planung und Betrieb von USV-Anlagen

Ein Leitfaden für Planer und Betreiber

ausgearbeitet durch

Dr. A. Neyer

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

Dieser Leitfaden ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Leitfadens verantwortlich.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:
www.electricity-research.ch

INHALTSVERZEICHNIS

Zu dieser Broschüre	1
1. Allgemeines.....	2
1.1. Zweck von USV-Anlagen.....	2
1.2. Anwendungsgebiete.....	2
1.3. Funktion von USV-Anlagen	2
1.4. Nenngrößen.....	4
1.5. Vermindern der Energiekosten	4
2. Aufbau und Nenngrößen	5
2.1. Komponenten.....	5
2.2. Zusatzelemente.....	7
2.3. Überwachung der USV-Anlage.....	8
2.4. Verfügbarkeit.....	8
2.5. Modularer Aufbau	10
2.6. Netzabhängige USV-Anlagen.....	11
3. Betriebsarten.....	12
3.1. Betrieb über USV	12
3.2. Betrieb über Bypass.....	13
3.3. Betrieb bei Netzausfall und Netzstörungen	14
3.4. Wartung	14
4. Zu versorgende Last	15
4.1. Die Last: Entscheidende Planungsgrösse	15
4.2. Spirale der Sicherheitszuschläge	15
4.3. Bestimmung der Last	16
5. Energieoptimierte Planung und Betrieb.....	19
5.1. Wirkungsgrad und Verluste.....	19
5.2. Dimensionierung einer redundanten Anlage	20
5.3. Auswahl des Fabrikates.....	22
5.4. Wahl der Betriebsart	22
6. USV – Systemaufbau.....	25
6.1. Aufbautyp	25

6.2.	Verbraucheranforderungen definieren das Konzept	26
6.3.	Zentrale und dezentrale USV-Versorgung	28
6.4.	Aufbau Energieversorgungssystem mit USV und Netzersatz-Anlage	31
7.	Anforderungen für einen optimalen Einsatz	33
7.1.	Versorgendes Netz	33
7.2.	Verbraucher	34
7.3.	Vergleich des versorgenden Netzes mit den Verbrauchern	35
7.4.	Bestimmung der USV-Anlage	39
7.5.	Betrieb der USV-Anlage	40
8.	Grundregeln der Planung	41
8.1.	Lasten mit USV-Berechtigung	41
8.2.	Planungsinformation	41
8.3.	Dimensionierung der Anlage	42
8.4.	Wahl des Typs und der Betriebsart	42
8.5.	Aufbau	42
8.6.	Steuerung	43
8.7.	Wirtschaftlichkeitsrechnung und Variantenvergleich	43
8.8.	Konfiguration von USV-Systemen mit Zusatzelementen	44
8.9.	Konfiguration des Energieversorgungsnetzes	44
8.10.	Ersatzvarianten	44
9.	Ausschreibungen: Energetische und qualitative Spezifikation	45
9.1.	Angaben seitens der Planung	45
9.2.	Angaben seitens des Herstellers	46
10.	Rotierende USV-Anlagen	47
10.1.	Dynamisches USV-System	47
10.2.	Dynamische Energiespeicherung	48

ZU DIESER BROSCHÜRE

Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen (USV) werden zum Schutz von kritischen und empfindlichen Verbrauchern vor Störungen im Netz oder beim Ausfall der Netzversorgung sowie zur Reduktion von Rückwirkungen der Verbraucher auf das Netz eingesetzt.

USV schützen Verbraucher und entlasten das Netz

Die Verbraucher- und Lieferantenseitige Verbesserung der Netzqualität kann mit beträchtlichen Energieverlusten verbunden sein. Die Kosten für die Energieverluste über die Lebensdauer der Anlage liegen bei manchen Anlagen in der gleichen Grössenordnung wie die Kosten der Anlage. Es lohnt sich deshalb, die Anlagen energetisch so gut wie möglich zu optimieren.

Die Betriebskosten können gleich gross wie die Anlagekosten sein

Diese Broschüre richtet sich an die Elektroplaner und die Betreiber von USV-Anlagen. Für den Elektroplaner ist eine USV-Anlage nur eine von vielen Anlagen, die in die Planung einbezogen werden müssen. Die Broschüre gibt deshalb dem Planer die wichtigsten Informationen für die energetisch optimale Planung von USV-Anlagen. Dem Betreiber von Anlagen zeigt die Broschüre auf, wie eine USV-Anlage optimal zu betreiben ist und zwar aus dem Blickwinkel der Versorgungssicherheit und den Betriebskosten.

Die Optimale Planung und Auswahl spart Energiekosten

Die Broschüre erläutert die verschiedenen Typen von USV-Anlagen, deren möglichen Konfigurationen und die Einbindung in die Stromversorgung. Weiter wird aufgezeigt, worauf bei der Planung und der Ausschreibung zu achten ist. Dabei stehen die energetischen Gesichtspunkte im Vordergrund, es sind aber auch andere Planungsgrundlagen dargelegt.

Inhalt der Broschüre
- Typen
- Konfigurationen
- Energetische Gesichtspunkte

1. ALLGEMEINES

1.1. ZWECK VON USV-ANLAGEN

Schutz von empfindlichen Verbrauchern beim Netzausfall und bei Netzstörungen

USV-Anlagen werden primär für die Überbrückung von Netzausfällen und zum Schutz von empfindlichen und kritischen, d.h. auf Störungen der Energieversorgung mit Fehlfunktion oder Ausfall reagierenden, elektrischen Verbrauchern eingesetzt. Zudem können USV-Anlagen die Netzurückwirkungen der Verbraucher reduzieren.

1.2. ANWENDUNGSGEBIETE

Informationstechnologien und Infrastruktur mit Sicherheitsfunktionen

Beispiele für den Einsatz von USV-Anlagen sind EDV-Anlagen insbesondere Datenbank- und E-Mail-Server, Haus- und Gebäudeleittechnikanlagen, Prozessleitsysteme, Telefonanlagen, Not- und Tunnelbeleuchtungen, Anlagen in Spitälern.

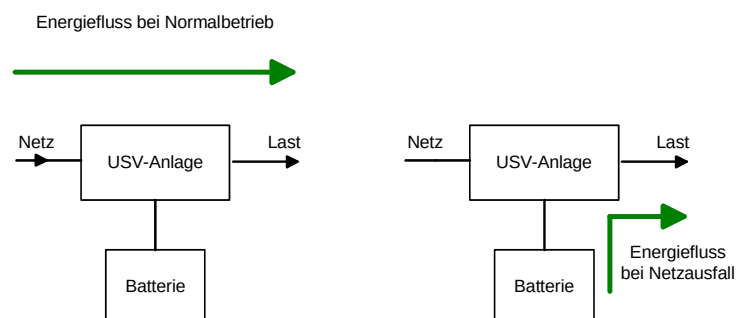
1.3. FUNKTION VON USV-ANLAGEN

USV-Anlagen können drei Funktionen übernehmen:

Sicherstellung der Stromversorgung

- Bei einem Ausfall oder Unterbruch der Netzversorgung schaltet die USV-Anlage automatisch auf den Batteriebetrieb um. Die Verbraucher werden während der Dauer des Ausfalls oder des Unterbruchs von den Batterien mit Energie versorgt.

Abbildung 1:
Funktion von USV-Anlagen im Normalbetrieb und bei Netzausfall



Abschirmung von Netzstörungen

- Die USV hält Netzstörungen wie kurzzeitige Einbrüche der Spannung, Über- und Unterspannungen, Spannungsschwankungen und -verzerrungen, Frequenzschwankungen sowie schnelle und energiereiche transiente Spannungsspitzen von empfindlichen Verbrauchern fern.

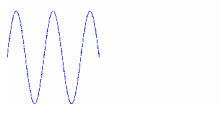
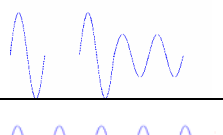
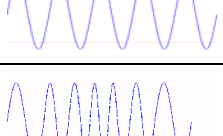
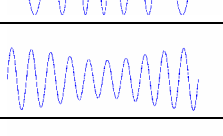
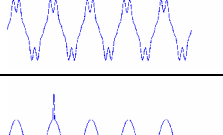
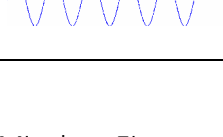
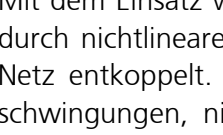
Netzstörungen		Mögliche Ursachen
	Netzausfall	Unwetter Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse
	Netzunterbruch, Netzeinbruch	Unwetter Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse
	Über- Unterspannung	Über- und Unterbelastung des Netzes
	Frequenz- schwankungen	Im europäischen Stromver- sorgungsnetz selten; mög- lich im Inselbetrieb ¹
	Spannungs- schwankungen	Grosse Laständerungen
	Spannungs- verzerrungen	Oberschwingungen durch Gleich- und Wechselrichter oder Getaktete Netzteile
	Spannungsspitzen	Blitzeinschläge Gleich und Wechselrichter Kurzschlüsse

Abbildung 2:
Netzstörungen und mögliche
Ursachen

- Mit dem Einsatz von USV-Anlagen werden je nach Aufbauprinzip die durch nichtlineare Verbraucher erzeugten Ströme vom vorsorgenden Netz entkoppelt. Die Reduktion der Netzzrückwirkungen, d.h. Oberschwingungen, nichtlinearer Lasten erfolgt bei diesen USV-Anlagen weitgehend unabhängig von der Art der Last. Dabei ist zu beachten, dass die USV-Anlage selbst, abhängig vom Aufbau und der Funktionsweise, Oberschwingungsströme verursachen kann.

Reduktion von Netzzrückwirkungen

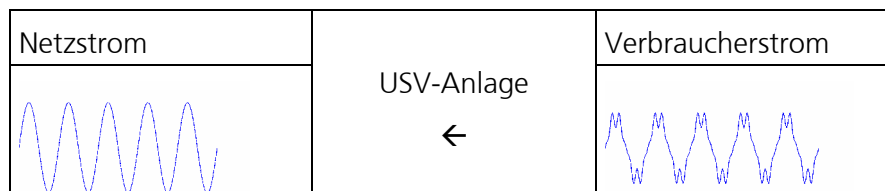


Abbildung 3:
Stromverläufe einer USV-Anlage
mit Aktivfilterfunktion

- Die Aufgabe der USV-Anlagen zur Reduktion von Netzzrückwirkungen verliert in Zukunft an Bedeutung, da die elektronischen Geräte, die einen Grossteil der nichtlinearen Lasten ausmachen, zunehmend eine Einrichtung zur Leistungsfaktorkompensation enthalten.

Leistungsfaktorkompen- sation von Geräten reduziert zukünftig die Netzzrück- wirkungen

¹ Möglich im Inselbetrieb bei Netzersatzanlagen oder dezentralen Energieerzeugungsanlagen

1.4. NENNGRÖSSEN

Nennleistung von USV-Anlagen

Eine wesentliche Grösse einer USV-Anlage ist die Leistung, welche am Ausgang der Anlage zur Verfügung steht. Um USV-Anlagen untereinander vergleichen zu können, müssen die Leistungsangaben unabhängig vom Aufbau der Anlage angegeben werden.

Dazu gilt folgende Definition:

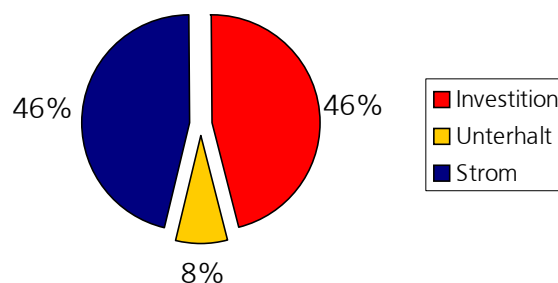
P_{Nenn}	maximale Dauerausgangswirkleistung bei linearer, ohmscher Belastung.
S_{Nenn}	maximale Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss EN/IEC 62040-3.

1.5. VERMINDERN DER ENERGIEKOSTEN

Betrachtung der Lebenszykluskosten der Anlage

Die Kosten von Energieverlusten werden in der Regel unterschätzt. Durch Umwandlung der Investitionskosten in jährliche Raten oder durch Kapitalisierung der Energiekosten lassen sich verlässliche Vergleiche ziehen. Typischerweise liegen die Stromkosten, über die Lebensdauer der USV-Anlage gerechnet, in der gleichen Grössenordnung wie die Investitionskosten (Abbildung 4).

Abbildung 4:
Aufteilung der jährlichen Kosten
von USV-Anlagen



Energieoptimierung in der Planung und dem Betrieb der USV-Anlage zahlt sich aus

Die hinsichtlich des Energieverbrauchs optimierte Planung reduziert die Stromkosten der Anlagen während der ganzen Lebensdauer und durch die Wahl einer kleineren Anlage reduzieren sich auch die Investitionskosten. Die Wahl der Betriebsart von USV-Anlagen in Abhängigkeit der Qualitätsanforderungen der Verbraucher selber kann wesentlich zur Reduktion der Kosten beitragen. Schliesslich bezieht eine genaue Betrachtung auch die Entsorgungskosten der durch die USV-Anlage abgegebenen Abwärme mit ein. Alle diese Argumente sprechen für die energieoptimierte Planung und den energieoptimierten Betrieb: sie sind nicht nur energetisch sinnvoll, sie zahlen sich auch aus.

2. AUFBAU UND NENNGRÖSSEN

2.1. KOMPONENTEN

Der prinzipielle Aufbau einer USV-Anlage ist aus der Abbildung 5 ersichtlich. Der vorliegende Leitfaden ist auf die Planung und den Betrieb von statischen USV-Anlagen ausgerichtet. Im Kapitel 10 wird als Alternative dazu für USV-Anlagen mit einer Leistung ab 500 kVA der Aufbau und die Funktion der rotierenden USV-Anlagen dargestellt.

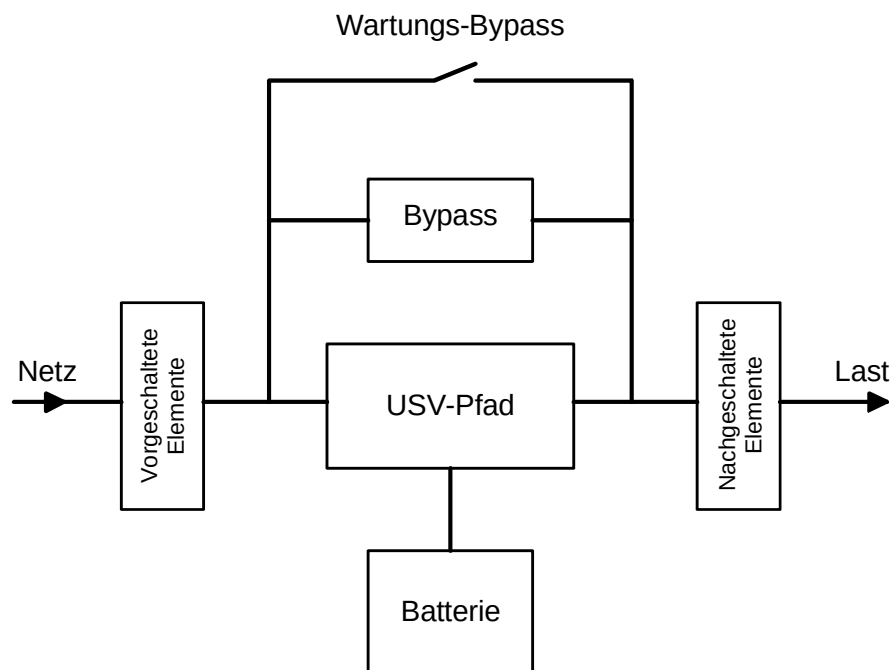


Abbildung 5:
Prinzipieller Aufbau einer USV-Anlage

Eine USV-Anlage setzt sich zusammen aus dem USV-Pfad, dem Bypass, dem Wartungs-Bypass, dem Element zur Energiespeicherung, üblicherweise Batterien, sowie den anwendungsspezifischen vor- und nachgeschalteten Elementen wie z.B. Filter.

Komponenten von USV-Anlagen

Der **USV-Pfad** kann abhängig vom Typ der USV-Anlage folgende Komponenten enthalten:

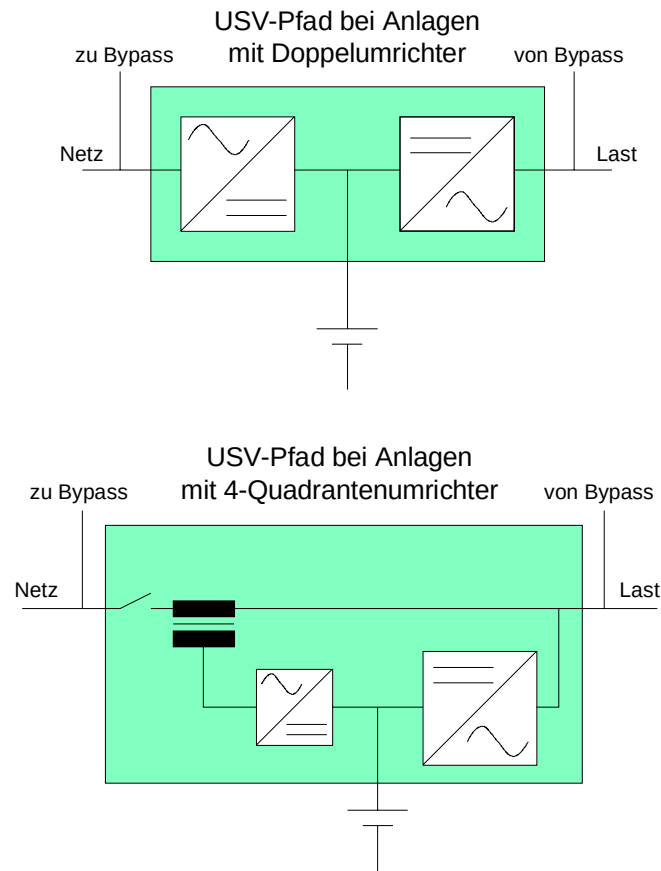
USV-Pfad

- Gleichrichter, Hochsetzer (Booster), Wechselrichter bei Anlagen mit *Doppelumrichter* oder
- Kombinierte Gleich-/Wechselrichter (Gleichrichter über einen Transformator in Serie zum Versorgungsnetz geschaltet), sogenannter 4-Quadrantenregler mit 2-Weg-Aktivfilter bei Anlagen mit *4-Quadrantenumrichter* sowie
- Netz- und/oder lastseitige Transformatoren, z.B. zur Trennung des Potentials und zur Reduktion der Oberschwingungen und

- Filter zur Reduktion der Oberschwingungen und zum Schutz vor transienten Spannungsspitzen

Abbildung 6:
Prinzipielle Darstellung der Hauptkomponenten im USV-Pfad bei Anlagen mit Doppelumrichter und Anlagen mit 4-Quadrantenumrichter.

(Produktspezifische Komponenten, wie Booster zur Hochsetzung der Gleichspannung oder Bauteile zur Batteriebewirtschaftung sind in der prinzipiellen Darstellung nicht enthalten)



Bypass Der **Bypass** enthält folgende Komponenten:

- Elektronischer Schalter für die Umgehung des USV-Pfades bei einer Störung einzelner Komponenten oder für einen verlustarmen Betrieb und
- Optional oder als Standardausrüstung Filter zum Schutz vor transienten Spannungsspitzen

Wartungs-Bypass Der **Wartungs-Bypass** dient zur Umgehung der USV-Anlage bei Wartungen. Dieses Element wird als Handschalter realisiert.

Batterien Die **Batterien** werden als Energiespeicher zur Überbrückung von Netzausfällen und als Puffer zur Abschirmung der Verbraucher vor Netzstörungen eingesetzt.

Zusatzelemente wie Filter, Transformatoren usw.

Als **vor- resp. nachgeschaltete Elemente** werden abhängig von der jeweiligen Anwendung folgende zusätzlichen Komponenten eingesetzt:

- Passivfilter zur Reduktion von einzelnen Oberschwingungen oder
- Aktivfilter zur Reduktion der Oberschwingungen und zur Korrektur des Leistungsfaktors

2.2. ZUSATZELEMENTE

Zur Erhöhung der Personensicherheit kann auf der Primärseite der USV-Anlage ein Trenntransformator zwischen Einspeisung und USV-Anlage geschaltet werden. Der Trenntransformator bewirkt eine galvanische Trennung des Batterieteils vom Netz. Durch die Verwendung zunehmend höherer Spannungen beim Anschlusspunkt des Batterieteils dürfen die Batterien trotz Trenntransformator bei laufender USV-Anlage nicht berührt werden, womit der Trenntransformator an Bedeutung verloren hat. Die Impedanz des Transformators reduziert zudem die Oberschwingungsanteile. Der Einsatz von wartungsfreien Batterien erübrigt den Einsatz dieser Potentialtrennung.

Erhöhung der Personensicherheit durch Potentialtrennung.

Der Trenntransformator reduziert den Wirkungsgrad um ca. 2 - 5 % je nach Belastung.

Bei USV-Anlagen ohne eingebautes Aktivfilter und Nennleistungen grösser 40 kVA können zur Unterdrückung der 5. und 7. Oberschwingungen, verursacht durch die 6-pulsige Gleichrichtung des Drehstromes, zwei parallelgeschaltete, phasenverschobene 6-pulsige Gleichrichter (12-pulsige Gleichrichtung) eingesetzt werden. Die Phasenverschiebung erfolgt mit Hilfe des Eingangstransformators, der auf der Sekundärseite je eine Wicklung in Dreieck- und eine Wicklung in Sternschaltung aufweist. Des weiteren muss auf der Sekundärseite der beiden Gleichrichter eine zusätzliche Ausgangsaugdrossel zum Stromausgleich eingebaut werden.

12-pulsige Gleichrichtung zur Reduktion der Oberschwingungen 5. und 7. Ordnung

Die 12-pulsige Schaltung reduziert den Wirkungsgrad der USV-Anlage um ca. 1 %.

LC-Netzfilter auf der Primärseite dienen der Dämpfung der durch die Gleichrichtung erzeugten Oberschwingungen. Je nach Ausführung der USV-Anlage mit 6/12-pulsigem Gleichrichter und der Leistung der USV-Anlage müssen zur Einhaltung der Netzzurückwirkungen gemäss der Empfehlung Nr. 2.72d-97 des Verband schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) für die Beurteilung von Netzzurückwirkungen zusätzliche Netzfilter eingebaut werden, welche die erzeugten Oberschwingungen absaugen.

Filter

LC-Netzfilter bewirken eine geringe Verminderung des Wirkungsgrades der USV-Anlage (< 1 %).

Zukünftig werden die Gleichrichter von USV-Anlagen und auch von Verbrauchergeräten vermehrt direkt den Leistungsfaktor kompensieren, d.h. sie werden dem Netz einen sinusförmigen Eingangsstrom entziehen. Damit werden die Zusatzelemente zur Reduktion der Netzzurückwirkungen an Bedeutung verlieren.

Der Einsatz Leistungsfaktor kompensierter Gleichrichter in den USV-Anlagen und in den Verbrauchergeräten verringert die Problematik der Netzzurückwirkungen.

2.3. ÜBERWACHUNG DER USV-ANLAGE

Zur Überwachung und Steuerung der USV-Anlagen sind diese mit Einheiten zur lokalen Bedienung und zur Fernbedienung ausgerüstet.

Einfache Überwachungs- und Steuerungsfunktionen sind vor Ort möglich.

Die einfachste Art zur Anlagenüberwachung wird mit Warnleuchten auf der Vorderseite der USV-Anlage realisiert. Zusätzlich zur Störungsanzeige mit Warnleuchten kann dabei der Anlagenbetreiber auch mit einem akustischen Signal alarmiert werden. Zudem können über ein alphanumerisches Bedienfeld weitere Informationen über den Betriebszustand der USV-Anlage abgefragt werden oder die Steuerungsparameter geändert werden.

Betriebszustände, Sammelalarme und der Batterieladezustand können mittels potentialfreien Kontakten auf ein Alarmerfassungs- oder Gebäudeleitsystem aufgeschaltet werden.

Zur Fernüberwachung und Fernsteuerung der USV-Anlage bestehen unterschiedliche Möglichkeiten. Die bezüglich der Schnittstellen einfachste Fernüberwachung erfolgt mit der Aufschaltung von potentialfreien Kontakten auf ein Alarmerfassungssystem oder eine Unterstation eines Gebäudeleitsystems. Dabei bleibt die Erfassung der Betriebszustände und Alarme auf eine geringe Anzahl Signale beschränkt, wie z.B. Betriebszustände, Sammelalarme, Batterieladezustand usw.

Uneingeschränkte Fernbedienung der USV-Anlage über serielle Schnittstellen.

Werden detaillierte Ferndiagnosen oder Auswertungen der USV-Anlage benötigt, so muss der Informationsaustausch über eine serielle Schnittstelle erfolgen. Die Überwachung und Steuerung der USV-Anlage kann dabei in das System eines umfassenden technischen Unterhaltsdienstes eingebunden werden.

Schnittstellen zur sicheren Abschaltung von Verbrauchern.

Über die Kommunikationsschnittstellen der USV-Anlage können Informationen zur sicheren Abschaltung von Verbrauchern ausgegeben werden, z.B. für den Fall, wenn die Autonomiezeit der USV-Anlage dem Ende entgegen geht.

2.4. VERFÜGBARKEIT

Hohe Verfügbarkeit der Versorgung der Verbraucher als Hauptaufgabe von USV-Anlagen

Mit USV-Anlagen soll in erster Linie eine hohe Verfügbarkeit der Versorgung der angeschlossenen Verbraucher erreicht werden. Damit dieses Ziel erreicht wird, ist eine hohe Verfügbarkeit der USV-Anlagen und der Batterien erforderlich.

Die Zeit zwischen zwei Fehlern und die Reparaturzeit bestimmen die Verfügbarkeit eines Systems

Die Verfügbarkeit eines Systems wird mit Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung ermittelt. Für diese Berechnung werden die statistischen Werte MTBF (Mean Time Between Failures), d.h. die Zeit zwischen zwei Fehlern, und MTTR (Mean Time To Repair), d.h. die Reparaturzeit, beigezogen. Die Verfügbarkeit A (Availability) wird vereinfacht gemäss folgender Formel berechnet:

Formel 1:
Allgemeine Berechnung der Verfügbarkeit A (Availability)

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Die Verfügbarkeit eines Systems, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass das System zu einem vorgegebenen Zeitpunkt in einem funktionsfähigen Zustand anzutreffen ist, ist dabei umso grösser, je näher der Wert A bei 1.0 liegt.

Die Verfügbarkeit einer direkten Versorgung ab dem Netz ist für einzelne Anschlusspunkte sehr unterschiedlich. In einem städtischen Netz mit z.B. einer MTBF von 1000 h und einer MTTR von 0.1 h beträgt die Verfügbarkeit 99.990 %. Für USV-Anlagen heisst dies, dass die Verfügbarkeitsanforderungen sehr hoch sind, um diesbezüglich keine Verschlechterung gegenüber dem versorgenden Netz zu verursachen. Kann die Ausfallzeit des versorgenden Netzes mit dem Betrieb der USV-Anlage ab Batterie überbrückt werden, so ist die Verfügbarkeit der Versorgung der angeschlossenen Verbraucher nur noch von der USV-Anlage abhängig.

Die Verfügbarkeit einer USV-Anlage inkl. der Batterieanlage muss grösser sein als die Verfügbarkeit der Versorgung ab dem öffentlichen Netz

Der Ausfall von IT-Systemen wird zu einem grossen Anteil, d.h. ca. 20 %, durch unzureichende Spannungsversorgung verursacht. Eine Einspeisung mit hoher Verfügbarkeit bewirkt somit eine starke Verbesserung der Verfügbarkeit von IT-Systemen.

Eine zuverlässige Spannungsversorgung verbessert die Verfügbarkeit von IT-Systemen.

Der MTBF Wert von USV-Anlagen ist stark von den Umgebungsbedingungen abhängig. So ist der MTBF bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C viel schlechter als bei 22 °C. Zudem ist auch die Höhe über Meer einer installierten USV-Anlage ein nicht zu vernachlässigender Faktor, wobei auf Meereshöhe die besten Werte erreicht werden. Der MTBF Wert ist abhängig von den einzelnen Komponenten der USV-Anlage, wie Gleichrichter, Wechselrichter, Hochsetzer, Filter, Transformatoren und der Batterieanlage. Dabei ist für die Zuverlässigkeit des Systems der Wechselrichter der massgebende Teil, denn er ist bei allen Betriebsarten, bei denen die Verbraucher ab dem USV-Pfad versorgt werden, beteiligt.

Die Verfügbarkeit einer USV-Anlage ist abhängig von den Umgebungsbedingungen. Hohe Umgebungstemperaturen reduzieren die Verfügbarkeit stark

Der Wechselrichter ist das bestimmende Element für die Verfügbarkeit von USV-Anlagen

Einen grossen Einfluss auf die Verfügbarkeit einer USV-Anlage hat die Reparaturzeit, was das folgende Rechenbeispiel für ein System mit einer MTBF von 50'000 h zeigt:

Die Reparaturzeit hat einen grossen Einfluss auf die Verfügbarkeit

- Reparaturzeit 24 h

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{50'000}{50'000 + 24} = 0.99952$$

Formel 2:
Berechnung der Verfügbarkeit mit langer Reparaturzeit

- Reparaturzeit 2 h

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{50'000}{50'000 + 2} = 0.99996$$

Formel 3:
Berechnung der Verfügbarkeit mit kurzer Reparaturzeit

Kurze Reparaturzeiten erhöhen die Verfügbarkeit von USV-Anlagen. Die vorteilhaften kurzen Reparaturzeiten können durch Vorratshaltung von Ersatzteilen, integrierten Diagnosesystemen und durch Fernwartung erreicht werden. Zudem ist auch ein funktionierendes Servicenetz des Lieferanten ein wichtiger Faktor zur Gewährleistung von minimalen Reparaturzeiten.

Kurze Reparaturzeiten können mit verschiedenen Massnahmen erreicht werden

Die kürzesten Reparaturzeiten werden jedoch erreicht, wenn der Betreiber einer USV-Anlage die Reparatur selbst ausführen kann. Dies ist bei USV-Anlagen mit steckbaren Modulen, die während dem Betrieb ausgewechselt werden können, den so genannten „Hot Swap“ fähigen Anlagen, möglich. Ist ein Reserve Modul vorhanden, so reduziert sich die Reparaturzeit auf maximal 30 Minuten und die Verfügbarkeit im Rechenbeispiel erhöht sich auf 99.999 %.

Modulare „Hot Swap“ fähige USV-Anlagen weisen sehr kurze Reparaturzeiten auf.

Der statische Bypass und auch die regelmässige Wartung erhöhen die Verfügbarkeit von USV-Anlagen

Die Parallelschaltung von redundanten USV-Einheiten erhöht die Verfügbarkeit entscheidend

Die Erhöhung der Verfügbarkeit mittels redundanten USV-Anlagen hat ihren Preis bei der Investition und auch während dem Betrieb

Die MTBF Werte von USV-Anlagen mit statischem Bypass sind um einiges höher als solche ohne Bypass. Mit einer regelmässigen Wartung, z.B. mittels Wartungsvertrag, kann der MTBF Wert gegenüber nicht regelmässig gewarteten Anlagen ebenfalls stark erhöht werden.

Mit einer Parallelschaltung von USV-Anlagen, d.h. einer (n+1) – Konfiguration kann die Verfügbarkeit des Systems entscheidend verbessert werden. (n+1) – Konfiguration bedeutet, dass von allen parallel geschalteten USV-Anlagen eines Systems eine Anlage ausfallen kann, ohne dass die Versorgung der Verbraucher dadurch beeinträchtigt wird. Dabei ist zu beachten, dass keine feste Master-Slave Situation aufgebaut werden darf, sondern dass jede der (n+1) USV-Anlagen je nach Bedarf die übergeordnete Steuerungsfunktion übernehmen kann. Der folgende Vergleich einer Einblockanlage mit einer (2+1) – Konfiguration zeigt die Erhöhung der Verfügbarkeit durch eine redundante USV-Anlage auf. Für eine Einblockanlage mit einer MTBF von 50'000 h und einer MTTR von 12 h ergibt sich eine Verfügbarkeit des Systems von 99.976 %. Wird das USV-System mit einer (2+1) – Konfiguration mit identischen MTBF und MTTR Werten realisiert, so erhöht sich die Verfügbarkeit auf über 99.999 %. Wird die (2+1) - Anlage mit steckbaren Modulen ausgeführt, so kann zudem mittels Reservehaltung eines Moduls die Reparaturzeit stark reduziert und somit die Verfügbarkeit der USV-Anlage noch weiter erhöht werden.

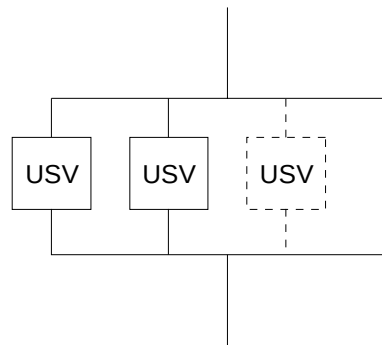
Diese Verbesserung der Verfügbarkeit durch eine (2+1) – Konfiguration hat allerdings ihren Preis, so müssen 3 USV-Anlagen resp. 3 USV-Module mit einer gesamten Leistung von 150 % gegenüber der Einblockanlage installiert werden. Abhängig von der Belastung werden die 3 USV-Anlagen resp. die 3 USV-Module zudem allenfalls mit einem schlechteren Wirkungsgrad betrieben als die Einblockanlage. Die Überdimensionierung der USV-Anlage kann reduziert werden, wenn z.B. anstatt einer (2+1) - Konfiguration eine (4+1) – Konfiguration realisiert wird. Dabei muss allerdings darauf geachtet werden, dass die einzelnen USV-Einheiten immer noch so gross gewählt werden, dass deren Wirkungsgrade nicht schlechter als derjenige der Einblockanlage sind.

2.5. MODULARER AUFBAU

modularer Aufbau

USV-Anlagen sind in der Regel modular aufbaubar, so dass Erweiterungen mit einer redundanten Anlage oder mit zusätzlichen Anlagen für einen Leistungsausbau möglich sind.

Abbildung 7:
Modularer Aufbau
einer USV-Anlage



Modulare USV-Anlagen können der Entwicklung des Verbrauchs angepasst werden. Es sind somit keine grossen Vorinvestitionen für Verbrauchsleistungen, die allenfalls erst nach einigen Betriebsjahren erreicht werden notwendig.

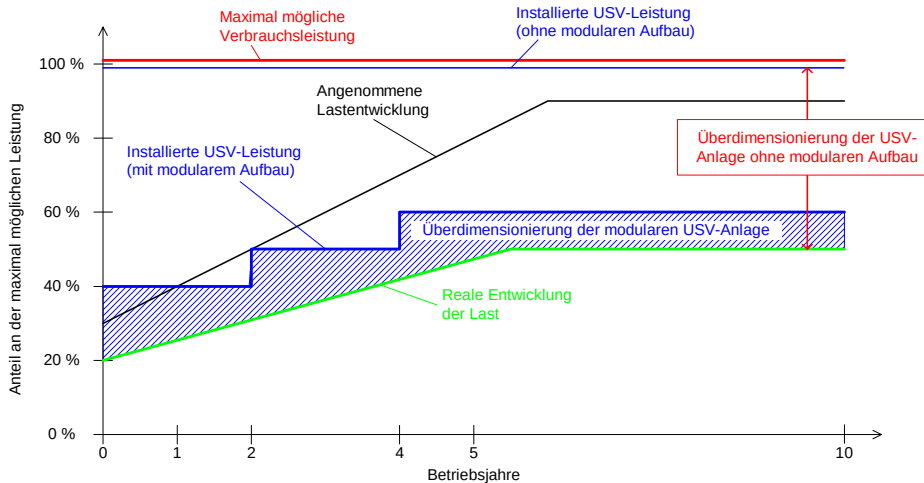


Abbildung 8:
Die installierte Leistung
von modularen USV-
Anlagen folgt der Last

Modular aufgebaute USV-Anlagen haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie bezüglich den Verlusten immer im optimalen Arbeitspunkt betrieben werden können. Abhängig von der aktuellen Last werden dabei einzelne Module von der Steuerung weg- oder zugeschaltet, so dass die USV-Anlage jeweils mit dem best möglichen Wirkungsgrad betrieben wird.

Die Steuerung von modularen USV-Anlagen sorgt bei unterschiedlichen Belastungen für einen optimalen Wirkungsgrad.

2.6. NETZABHÄNGIGE USV-ANLAGEN

Bei netzabhängigen USV-Anlagen fließt die Energie im Normalbetrieb über die vorgeschalteten Elemente und den Bypass mit dem statischen Schalter zum Verbraucher. Netzabhängige USV-Anlagen weisen entsprechend kleine Energieverluste auf, sofern der Gleich- und Wechselrichter nicht dauernd eingeschaltet sind. Bei einer Umschaltung vom Normalbetrieb auf den Notbetrieb in Folge einer Netzstörung kann je nach Störung ein Spannungsunterbruch am Ausgang der USV-Anlage von maximal 20 ms auftreten.

Netzabhängige USV-Anlagen

Da netzabhängige USV-Anlagen lediglich für den Normalbetrieb über den statischen Schalter und den Notbetrieb über den USV-Pfad ausgelegt sind, ist der Gleichrichter nur für einen Teil der Nennleistung der USV-Anlage bemessen, da er lediglich für die Batterieladung und zur Haltung der Schwebeladespannung benötigt wird. Diese Reduktion des Gleichrichters führen zu kleineren Dimensionen der Anlage und damit zu einer kostengünstigeren Bauweise. Ein Dauerbetrieb über den USV-Pfad mit Nennleistung ist bei netzabhängigen USV-Anlagen nicht möglich, d.h. die Dauer des Betriebes über den USV-Pfad ist abhängig von der Grösse der Last und der Batteriekapazität.

Kostengünstige Anlage aber kein Dauerbetrieb über den USV-Pfad möglich.

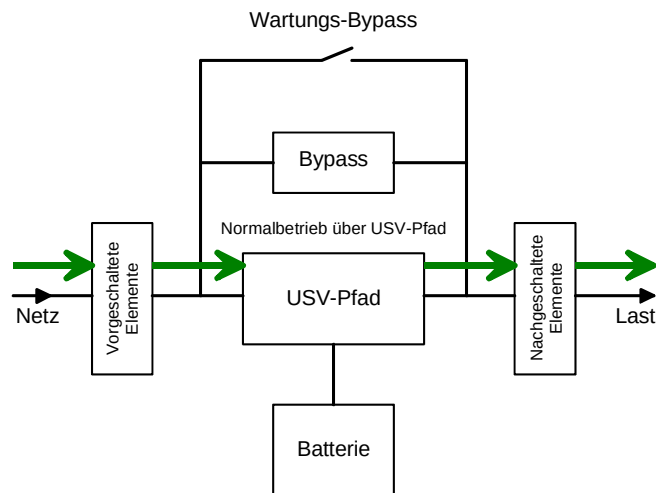
3. BETRIEBSARTEN

3.1. BETRIEB ÜBER USV

Betrieb der Anlage über den
USV-Pfad

Beim Betrieb über USV fließt die Energie im Normalbetriebszustand, gemäss Abbildung 8, über den USV-Pfad zum Verbraucher, d.h. abhängig vom Typ der USV-Anlage über den Gleich- und Wechselrichter bzw. über den 4-Quadrantenumrichter und allenfalls weitere, sich in diesem Pfad befindliche Komponenten. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.

Abbildung 9:
Energiefluss im Betrieb über
den USV-Pfad
(Prinzipielle Darstellung)



Der Energieverbrauch ist
abhängig vom Typ der USV-
Anlage

Der Energieverbrauch der USV-Anlage hängt vom Wirkungsgrad dieser Komponenten ab. Anlagen mit Gleich- und Wechselrichter weisen bei dieser Betriebsart, aufgrund der Doppelumrichtung im Gleich- und Wechselrichter, grössere Verluste auf als Anlagen mit 4-Quadrantenumrichter.

Die Netzzrückwirkungen müssen
beachtet werden

Sofern die USV-Anlagen nicht ein Aktivfilter zur Kompensation des Leistungsfaktors eingebaut haben, fließen im Falle der Doppelumrichteranlagen vom Gleichrichter oder im Falle der 4-Quadrantenumrichter von der Verbraucherlast erzeugte Oberschwingungen in das speisende Netz zurück.

Filtern von Netzstörungen

Die Ausgangsspannung in dieser Betriebsart ist geregelt und Netzstörungen werden je nach Qualität der USV-Anlage unterdrückt. Bei Doppelumrichteranlagen ist durch die Entkopplung der Last vom Netz die Filterwirkung gegenüber den Netzstörungen grösser als bei 4-Quadrantenumrichter. Die Anlage folgt der Netzfrequenz. Sobald das Netz das in der USV-Anlage vorprogrammierte Frequenzfenster verlässt, wechselt die Anlage auf Eigenfrequenz. Bei Anlagen mit 4-Quadrantenumrichtern heisst dies, dass auf Batteriebetrieb umgeschaltet wird. Anlagen mit Gleich- und

Wechselrichter schalten bei grösseren Frequenzabweichungen, d.h. wenn ein Gleichrichterbetrieb in Folge der Frequenzabweichung nicht mehr möglich ist, auch auf Batteriebetrieb um.

3.2. BETRIEB ÜBER BYPASS

Beim Betrieb über Bypass fließt die Energie im Normalbetriebszustand oder bei einer Störung des USV-Pfades über den statischen Bypass zum Verbraucher, d.h. die Versorgung der Verbraucher erfolgt über die vor- oder nachgeschalteten Komponenten direkt ab dem Netz. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.

USV-Anlagen sind je nach Herstellung für den Dauerbetrieb über Bypass geeignet. Der Betrieb von netzabhängigen USV-Anlagen entspricht ebenfalls dem Betrieb über Bypass mit der Einschränkung, dass der Betreiber nicht frei über die Wahl der Betriebsart verfügt, da die Betriebsdauer über den USV-Pfad abhängig von der Grösse der Last und der Batteriekapazität beschränkt ist.

Energieoptimierter Betrieb der USV-Anlage über den Bypass

USV-Anlagen müssen für den Dauerbetrieb über Bypass speziell konfiguriert sein

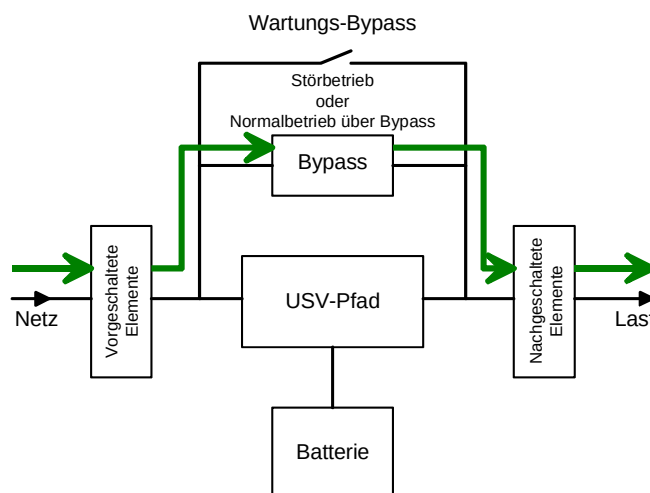


Abbildung 10:
Energiefluss über den Bypass
der USV-Anlage
(Prinzipielle Darstellung)

Der Betrieb über Bypass ermöglicht den energieoptimierten Betrieb. Die Energieverluste sind in dieser Betriebsart am kleinsten, sofern die Komponenten, wie Gleich- und Wechselrichter bzw. 4-Quadrantenumrichter, nicht dauernd eingeschaltet sind.

Minimaler Eigenverbrauch der USV-Anlage

USV-Anlagen, die über den Bypass betrieben werden, müssen im Falle einer Netzstörung automatisch auf den Betrieb über USV umschalten, d.h. die Versorgung über den USV-Pfad oder ab Batterie muss gewährleistet werden.

Bei einer Netzstörung muss die USV-Anlage automatisch auf den USV-Pfad umschalten

Bei der Umschaltung auf den Betrieb über USV kann abhängig von der Art der Netzstörung und der Qualität der USV-Anlage ein Unterbruch der Spannung am Ausgang der USV-Anlage von maximal 20 ms auftreten. Zum Beispiel verursacht ein Kurzschluss auf der Netzseite einen Unterbruch während ein Spannungseinbruch oder eine Frequenzabweichung am Eingang der USV-Anlage am Ausgang lediglich eine Beeinflussung der Spannungsform aber keinen Unterbruch bewirken.

Ein Unterbruch der Versorgung ist abhängig von der Art der Netzstörung und der Qualität der Anlage

Die Umschaltkriterien vom Bypass in den Betrieb über USV sind anwendungsspezifisch wählbar

Die automatische Rückkehr in den Betrieb über Bypass erfolgt nach einer Stabilisierungsphase.

Die Werte für die Umschaltkriterien vom Bypass- auf den USV-Betrieb können anwendungsspezifisch definiert werden. Es ist dabei darauf zu achten, dass der Betrieb über den Bypass möglichst lange gefahren werden kann, d.h. die Toleranzbreite der Eingangsspannung darf nicht zu eng gewählt werden.

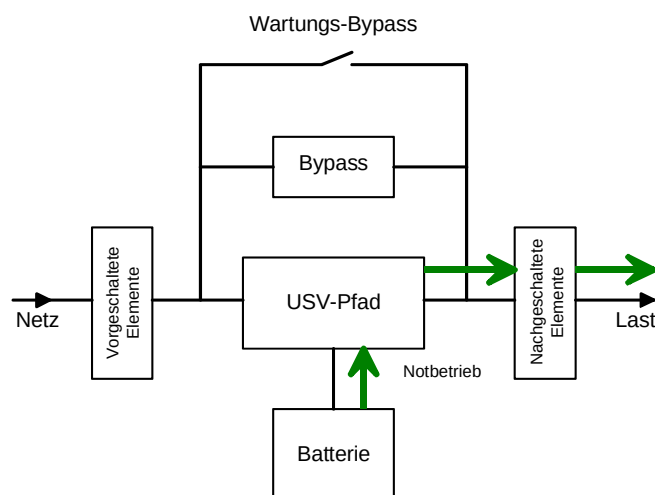
Die automatische Rückkehr vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb erfolgt erst nach einer Stabilisierungsphase der Eingangsspannung. Dadurch wird vermieden, dass in Folge instabiler Netzverhältnisse mehrmalige Umschaltungen zwischen dem USV- und dem Bypass-Betrieb stattfinden.

3.3. BETRIEB BEI NETZAUSFALL UND NETZSTÖRUNGEN

Bei einem Netzausfall oder bei einzelnen Netzstörungen erfolgt die Versorgung der Verbraucher ab den Batterien.

Beim Ausfall der Netzversorgung oder bei einzelnen Netzstörungen erfolgt die Versorgung der Verbraucher ab den Batterien. Anlagen, die vor dem Zeitpunkt des Ausfalls der Netzversorgung über den USV-Pfad betrieben werden, schalten ohne Unterbruch der Energieversorgung auf den Notbetrieb, d.h. auf die Versorgung ab Batterie um. Befindet sich die USV-Anlage vor dem Netzausfall im energiesparenden Betrieb über Bypass, so erfolgt eine Umschaltung in den Notbetrieb mit einem Spannungsunterbruch von maximal 20 ms. Die effektive Dauer des Spannungsunterbruchs am Ausgang der USV-Anlage ist dabei abhängig von der Art und dem Eintretenszeitpunkt der Störung im versorgenden Netz.

Abbildung 11:
Energiefluss im Notbetrieb



3.4. WARTUNG

Für Wartungsarbeiten kann mit dem Wartungs-Bypass ein Teil der USV-Anlage umgangen und spannungslos geschaltet werden.

Bei Wartungsarbeiten an der USV-Anlage kann das System manuell auf den Wartungs-Bypass umgeschaltet werden. Die Versorgung der Verbraucher erfolgt über die vor- oder nachgeschalteten Elemente direkt ab dem Netz.

4. ZU VERSORGENDE LAST

4.1. DIE LAST: ENTSCHEIDENDE PLANUNGSGRÖSSE

Im Planungsprozess einer USV-Anlage ist eine frühzeitige und möglichst gute Bestimmung der Last der USV-Anlage ein entscheidender Faktor für die korrekte Wahl des Typs, des Konzepts, der Betriebsart und der Nennleistung sowie für den optimalen Betrieb.

Die Kenntnis der Last ist Voraussetzung für eine optimale Planung

Zu hoch gewählte Nennleistungen von USV-Anlagen sind meist eine Folge von Sicherheitszuschlägen, die aus einem Mangel an Kenntnissen über die anzuschliessenden Geräte und Anlagen entstehen. Das nicht bekannte Verhalten der anzuschliessenden Geräte und Anlagen bei Netzstörungen und beim Netzausfall hat zudem wesentliche Auswirkungen auf die Wahl der Betriebsart der USV-Anlagen.

Die Kenntnis der Lastgrösse sowie das Verhalten bei Netzstörungen ist notwendig

Grundsätzlich sollte das Prinzip gelten: An die USV-Anlage werden nur Lasten bzw. Verbraucher angeschlossen, die bei Netzstörungen oder beim Netzausfall Fehlfunktionen verursachen oder selber beeinflusst werden. Durch Überprüfen der an die USV-Anlage anzuschliessenden Geräte kann die Last minimiert werden. Ausgabegeräte wie Drucker oder Steuerungen für Anlagen, die in der Regel im Stromausfall nicht im Betrieb sind, sollen nach Möglichkeit nicht an die USV-Anlage angeschlossen werden.

Nur was notwendig an USV anschliessen

Gut dimensionierte Anlagen haben nicht nur tiefere Betriebskosten durch verminderten Energieverbrauch, sondern aufgrund der korrekt gewählten Nennleistung auch geringere Investitionskosten. Zudem hat die Nennleistung der USV-Anlage Einfluss auf die Dimensionierung der Netzversorgung und die zugehörigen Infrastrukturanlagen wie Lüftung und Klimatisierung.

Minimierte Betriebs- und Investitionskosten sind das Resultat einer guten Planung

4.2. SPIRALE DER SICHERHEITZUSCHLÄGE

Die Sicherheitszuschläge der an einer Anlage beteiligten Planer und Lieferanten summieren und multiplizieren sich – ein Beispiel:

Für ein Dienstleistungsgebäude, z.B. eine Bank, wird eine USV-Anlage für sämtliche Steuerungen der Heizung-Lüftung-Klima-Anlagen (HLK) geplant. Der HLK-Planer schätzt die Leistung aller Steuerungen auf 75 kVA. Der Elektroplaner erhöht diesen Wert um einen Sicherheitszuschlag von 10%, damit im Bedarfsfall Reserven vorhanden sind (83 kVA). Der Kunde verlangt, dass die Anlagen nur bis max. 80 % belastet werden können. Das heisst für den Planer, dass die Anlage auf mindestens 104 kVA dimensioniert werden muss. Der Hersteller offeriert seine nächst grössere Anlage von 120 kVA. Zudem muss die Anlage aufgrund der geforderten hohen Verfügbarkeit redundant ausgelegt sein. Somit werden schlussendlich zwei

Kumulierte Sicherheitszuschläge sind zu vermeiden.

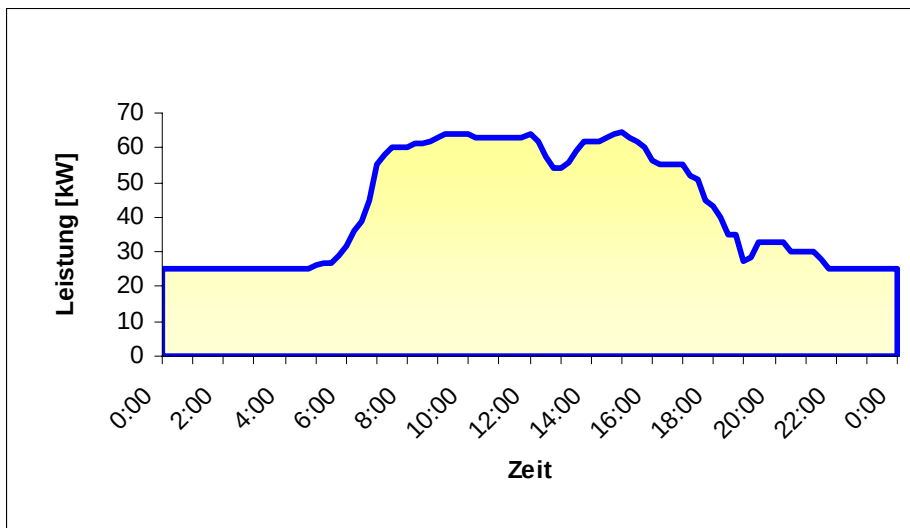
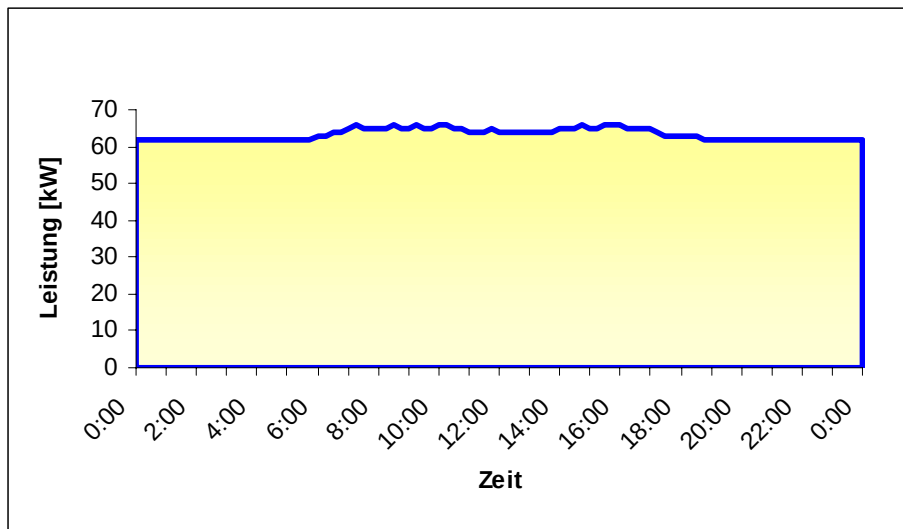
parallele Anlagen zu je 120 kVA ausgewählt. Hat nun aber schon der HLK-Planer in die angegebene Anschlussleistung 10% Reserven eingeplant, so beträgt die tatsächliche Last im gesamten 68 kVA, die sich zu je 34 kVA auf die beiden redundanten USV-Anlagen aufteilen. In diesem Bereich haben die Anlagen einen sehr schlechten Wirkungsgrad. Durch Koordination der am Planungsprozess Beteiligten ist eine derartige Kumulation von Sicherheitszuschlägen zu vermeiden.

4.3. BESTIMMUNG DER LAST

Liste der angeschlossenen Geräte und Anlagen	Der Planer erhält vom Bauherrn (oder anderen Planern) die Daten der an die USV-Anlage anzuschliessenden Verbraucher. Die Leistungen dieser Verbraucher werden zusammengezählt, um die Leistung der USV-Anlage zu bestimmen. Bei diesem Verfahren ist es entscheidend, die Gleichzeitigkeit und den Verlauf der Last zu beachten. Zudem sind die effektiven Leistungen - nicht die Nenndaten auf dem Typenschild - der Geräte zu verwenden.
Anfälligkeit auf Netzstörungen	Zusätzlich zur Leistung der Verbraucher ist auch deren Verträglichkeit gegenüber kurzzeitigen Netzstörungen abzuklären. Dies vor allem im Hinblick auf die optimale Wahl der Betriebsart einer USV-Anlage.
Keine Abschätzung auf der Basis von allgemeinen Kennzahlen	Bei Rechenzentren sind USV-Anlagen oft auf der Basis der Flächen der EDV-Räume dimensioniert (z.B. 500 W/m ²) worden. Die Praxis zeigt, dass diese Abschätzung sehr unsicher ist und zu grosse Reserven resultieren können. Wenn die Last nach diesen Flächenangaben berechnet werden muss, ist es sinnvoll, den Einsatz von modular erweiterbaren Anlagen vorzusehen.
Gleichzeitigkeit des Bedarfs prüfen	Die Verbraucher sind in der Regel nicht alle gleichzeitig in Betrieb. Die totale Leistung der Verbraucher ist deshalb unter dem Aspekt der Gleichzeitigkeit zu betrachten. Diese hängt stark von der Art der angeschlossenen Lasten ab.
Angaben auf dem Typenschild sind zu verifizieren	Angaben auf dem Typenschild geben die maximal mögliche Leistung, z.B. beim Einschalten eines Gerätes oder Verbrauchers an. Messungen an verschiedenen Geräten und Anlagen haben gezeigt, dass diese Angaben sehr stark über den effektiven Leistungen liegen. Deshalb lohnt es sich, von den Herstellern der angeschlossenen Geräte und Anlagen den effektiven Verbrauch im Betriebszustand und im Stand-by-Zustand anzufragen.
Festlegen der Spezifikation einer USV-Anlagen so spät wie möglich.	Der Planer möchte die Leistung der USV-Anlage möglichst früh im Planungsprozess festlegen, damit die Anlagekosten abgeschätzt werden können. In dieser Phase sind aber viele der angeschlossenen Anlagen noch nicht bekannt. Während des Planungsprozesses nehmen die Informationen über die angeschlossenen Anlagen laufend zu. Die USV-Anlage kann deshalb besser dimensioniert werden, wenn die Festlegung der Nennleistung möglichst spät im Planungsprozess erfolgt. Je mehr Informationen über Geräte und Anlagen sowie deren Netzurückwirkungen bekannt sind, umso bessere Planungsdaten sind für die Wahl des Typs der USV-Anlage und deren Betriebsart vorhanden.

Die Art der Last hat einen Einfluss auf die Wahl und die Steuerung der USV-Anlage. In Abbildung 11 sind zwei grundsätzliche Möglichkeiten für die Art der Last aufgezeigt:

Verlauf des täglichen Bedarfs



Für eine stark variable Last ist ein modularer Aufbau mit einer gesteuerten Abschaltung von einzelnen Modulen in Betracht zu ziehen. Bei zeitweise abgeschalteter Last ist eine USV-Anlage, bei der ein Betrieb über den Bypass möglich ist, vorzusehen.

Modularer Aufbau sowie gesteuertes Zu- und Abschalten oder Betrieb über Bypass

Die Anforderungen der über USV zu versorgenden Lasten an das versorgende Netz sind jeweils zu ermitteln. Dabei ist von Bedeutung, ob die Last einen kurzzeitigen Spannungsunterbruch bis 20 ms ohne Funktionsstörung überstehen kann oder nicht. Ein Grossteil der USV-berechtigten Lasten, vor allem Geräte mit getakteten Netzteilen verkraften einen kurzzeitigen Unterbruch der Spannung und können über den elektronischen Bypass einer USV-Anlage versorgt werden. USV-Anlagen, die im Normalbetrieb über den Bypass gefahren werden, schalten bei einer netzseitigen Störung mit einem kurzzeitigen Unterbruch von maximal 20 ms auf den USV-Pfad um,

Anforderungen der Last an das zu versorgende Netz

womit die Versorgung der Lasten gewährleistet bleibt. Der Betrieb über den Bypass-Pfad hat eine Reduktion der Energieverluste einer USV-Anlage zur Folge.

Reduktion der
Netzurückwirkungen
nichtlinearer Verbraucher

Nichtlineare Lasten, allen voran die elektronischen Geräte erzeugen Oberschwingungsströme. Je nach Aufbau und Betriebsart einer USV-Anlage können diese Netzurückwirkungen der Lasten reduziert werden.

5. ENERGIEOPTIMIERTE PLANUNG UND BETRIEB

5.1. WIRKUNGSGRAD UND VERLUSTE

Die Wirkungsgrade von USV-Anlagen weisen je nach Typ und Hersteller grosse Streuungen auf. Der Wirkungsgrad hängt zudem von der Nennleistung, von der Auslastung, d.h. von der prozentualen Belastung und der Art der Last sowie von der Betriebsart der Anlage ab.

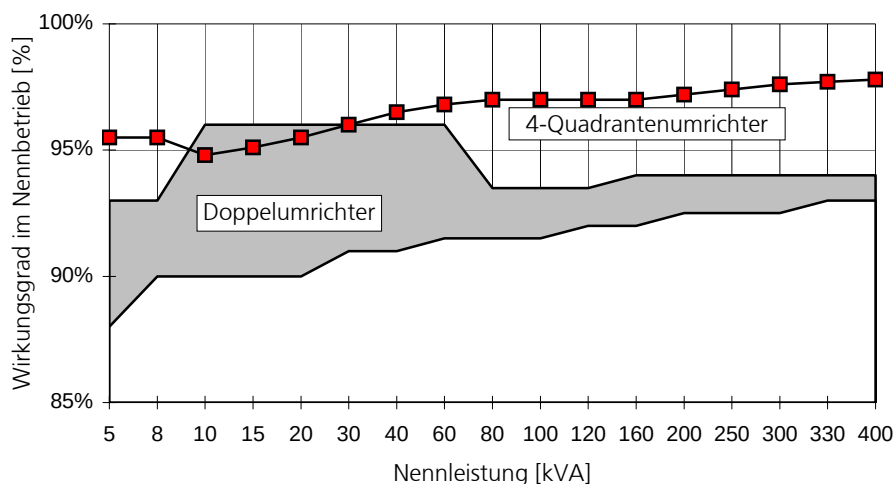


Abbildung 13:
Wirkungsgrad von USV-Anlagen
in Abhängigkeit der
Nennleistung
(gemäss Herstellerangaben)

Aus Abbildung 12 geht hervor, dass im Betrieb über den USV-Pfad die 4-Quadrantenumrichter-Anlagen einen besseren Wirkungsgrad aufweisen als die Doppelumrichter-Anlagen. Als Alternative zum Dauerbetrieb über den USV-Pfad kann der Dauerbetrieb über den Bypass einer USV-Anlage in Betracht gezogen werden. Beim Betrieb über den Bypass beträgt der Wirkungsgrad einer USV-Anlage im Nennlastbetrieb 97 bis 99 %.

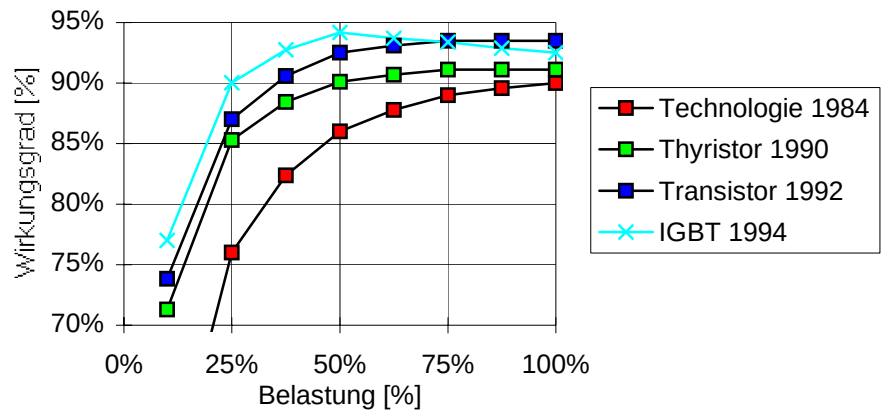
Der Wirkungsgrad von USV-Anlagen hängt stark von der Belastung ab. Bei USV-Anlagen der neueren Generationen verläuft der Wirkungsgrad beim Betrieb über den USV-Pfad im Bereich von 35 bis 100 % der Belastung relativ flach und auf einem hohen Wert. Unter 35 % Belastung nimmt der Wirkungsgrad sehr schnell ab (Abbildung 13).

Unterschiedliche
Wirkungsgrade bei Betrieb ...

... über USV je Produkt

... über Bypass

Abbildung 14:
Wirkungsgrad von USV-Anlagen
unterschiedlicher Technologien in
Abhängigkeit der Belastung.
Nennleistung der Anlage 160 kVA

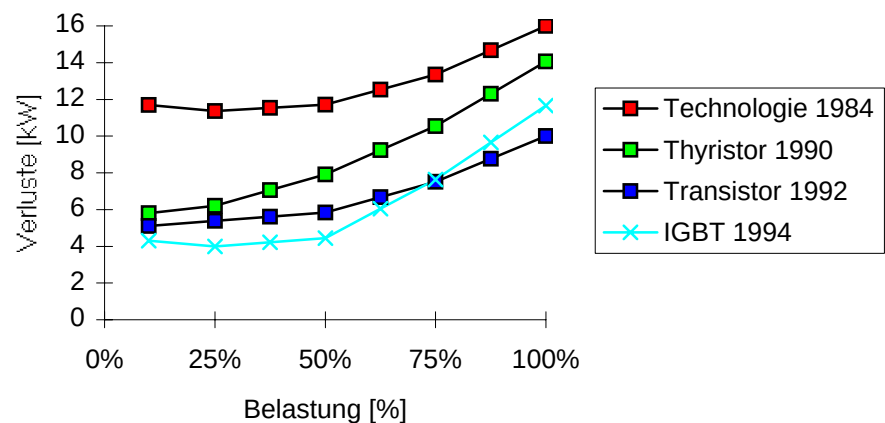


Verluste sind für den Vergleich
von USV-Anlagen besser
geeignet als die Wirkungs-
grade.

Zur Beurteilung und zum Vergleich von verschiedenen Anlagen sind vor allem die Verluste geeignet. Im Gegensatz zum Wirkungsgrad können die Verluste auch bei kleinen Belastungen und im Leerlauf verglichen werden.

Abbildung 14 zeigt, dass in den letzten 15 Jahren gerade bei den Verlusten im Teilbereich enorme Fortschritte gemacht wurden.

Abbildung 15:
Verluste von USV-Anlagen
unterschiedlicher Technologien in
Abhängigkeit der Belastung.
Nennleistung der Anlage 160 kVA



5.2. DIMENSIONIERUNG EINER REDUNDANTEN ANLAGE

Eine korrekte Dimensionierung
reduziert die Kosten.

Das folgende Beispiel zeigt den Einfluss der korrekten Dimensionierung auf die Investitions-, Energie- und Unterhaltskosten einer redundanten Anlage. Bei der Planung wurde mit einer Gesamtwirkleistung der angeschlossenen Verbraucher von 120 kW gerechnet. Unter Berücksichtigung einer Reserve von 20 % und eines Leistungsfaktors der Verbraucherleistungen von 0.9 wurde eine Anlagenleistung von 2x160 kVA gewählt.

Nach der Inbetriebnahme der Anlage stellte es sich heraus, dass die Last nur 75 kW beträgt. Durch eine bessere Dimensionierung (2x100 kVA) hät-

ten rund 18 % der totalen Kosten (Strom + Investition) vermieden werden können.

	Optimale Auslegung	Realisierte Variante
Nennleistung der Anlage	2 x 100 kVA	2 x 160 kVA
Relative Belastung	42 %	26 %
Wirkungsgrad bei rel. Belastung	91 %	90 %
Totale Verlustleistung	7.4 kW	8.3 kW
Jährl. Energieverluste USV	64'800 kWh	72'700 kWh
Kosten:		
Jahresstromkosten (15 Rp/kWh)	Fr. 9'720.--	Fr. 10'905.--
Investition Anlage	Fr. 170'000.--	Fr. 220'000.--

Tabelle 1: Resultate der Wirtschaftlichkeitsrechnung.
Annahmen: Wirkleistung der Verbraucher 75 kW;
Tagesverlauf konstant;
Leistungsfaktor 0.9

Für einen Vergleich der Varianten sind die Jahreskosten unter Berücksichtigung der Zinsen und der Inflation mit einer Wirtschaftlichkeitsberechnung zu ermitteln. Dabei sollen auch die jährlichen Unterhaltskosten einbezogen werden (z.B. 2 % der Investitionskosten).

Wirtschaftlichkeitsberechnung
für den Vergleich der beiden
Varianten

Für diesen Vergleich werden die Investitionen in gleich grosse jährliche Beträge, sogenannte Annuitäten, umgerechnet. Diese enthalten die Zinskosten des eingebrachten Kapitals und die anteiligen Amortisationskosten. Die Stromkosten unterliegen während der Nutzungsdauer der Anlage einer Steigerung. Als Hilfsmittel zur Berücksichtigung dieser Veränderung bieten sich Mittelwertfaktoren an. Mit diesem Faktor werden die mittleren Stromkosten errechnet. Neben den Kapitalkosten und den Stromkosten sind die Wartungskosten Teil der jährlichen Gesamtkosten. Sie sind wie die Stromkosten, über die Nutzungsdauer betrachtet keineswegs konstant. Die wirtschaftlichste Anlage ist diejenige, die das kleinste Total der jährlichen Kapital-, Betriebs- und Stromkosten aufweist.²

Jahreskosten	Optimale Auslegung	Realisierte Variante
Investition (Annuität)	Fr. 23'120.--	Fr. 29'920.--
Mittlere Energiekosten	Fr. 11'314.--	Fr. 12'693.--
Mittlere Wartungskosten	Fr. 3'958.--	Fr. 5'122.--
Total Kosten	Fr. 38'392.--	Fr. 47'735.--

Tabelle 2: Vergleich der Kosten bei optimaler Auslegung und der realisierten Variante.
Annahmen: Zinssatz 6 %;
Inflation 2 %;
Energiekostensteigerung 3 %;
Wartungskostensteigerung 3 %;
Nutzungsdauer 10 Jahre.

Die optimale Auslegung reduziert die jährlichen Kosten in diesem Beispiel um rund Fr. 9'000.-.

Die richtige Dimensionierung reduziert die Investitions- und Betriebskosten.

² Ein praktischer Leitfaden zur Wirtschaftlichkeitsberechnung ist die Broschüre "RAVEL zahlt sich aus". Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.397.42.0/D)

5.3. AUSWAHL DES FABRIKATES

Ein Vergleich der technischen Daten lohnt sich.

Im folgenden Beispiel werden die Stromkosten für zwei im Markt angebotene USV-Anlagen verglichen. Beides sind Doppelumrichteranlagen von 100 kVA Nennleistung.

Tabelle 3: Vergleich von zwei USV-Anlagen. Annahmen: Wirkleistung der Verbraucher 70 kW; Tagesverlauf konstant; Leistungsfaktor 0.9

	Anlage mit bestem Wirkungsgrad	Anlage mit schlechtestem Wirkungsgrad
Nennleistung	100 kVA	100 kVA
Relative Belastung	77 %	77 %
Wirkungsgrad	93.5 %	91.5 %
Verlustleistung	4.87 kW	6.50 kW
Jährl. Energieverluste USV	42'700 kWh	56'900 kWh
Kosten:		
Jahresstromkosten (15Rp/kWh)	Fr. 6'405.--	Fr. 8'535.--
Investition Anlage	Fr. 95'000.--	Fr. 95'000.--

Tabelle 4: Vergleich der Kosten bei Anlagen mit verschiedenen Wirkungsgraden. Annahmen: Zinssatz 6 %; Inflation 2 %; Energiekostensteigerung 3 %; Wartungskostensteigerung 3 %; Nutzungsdauer 10 Jahre.

Jahreskosten	Anlage mit bestem Wirkungsgrad	Anlage mit schlechtestem Wirkungsgrad
Investition	Fr. 12'920.--	Fr. 12'920.--
Mittlere Energiekosten	Fr. 7'455.--	Fr. 9'935.--
Mittlere Wartungskosten	Fr. 2'212.--	Fr. 2'212.--
Total Kosten	Fr. 22'587.--	Fr. 25'067.--

Die jährlichen Stromkosten für die Verluste sind bei manchen Anlagen in der gleichen Grössenordnung wie die kapitalisierten Investitionskosten.

Die Auswahl des Fabrikats hat einen entscheidenden Einfluss auf die Energieverluste.

USV-Anlagen mit Eingangs-Leistungsfaktor-Korrektur reduzieren die Kosten für den Blindleistungsbezug.

Eine weitere Reduktion der Betriebskosten ist möglich, wenn USV-Anlagen mit Eingangs-Leistungsfaktor-Korrektur eingesetzt werden. Dabei wird der von den Verbrauchern her gegebene Leistungsfaktor von z.B. 0.9 dank der USV-Anlage auf bis zu 0.99 verbessert. Der Blindleistungsbezug ab dem versorgenden Netz wird dadurch stark reduziert, so dass allfällige Kosten für den Bezug von Blindleistung wegfallen.

5.4. WAHL DER BETRIEBSART

Die Möglichkeiten von verschiedenen Betriebsarten einer USV-Anlage nutzen.

USV-Anlagen können über den USV-Pfad oder über den Bypass betrieben werden. Beim Betrieb über den Bypass wird bei einer Störung des speisenden Netzes innerhalb von 20 ms vom Betrieb über den Bypass auf den USV-Pfad oder den USV-Notbetrieb umgeschaltet. In Abhängigkeit von der Empfindlichkeit der Verbraucher bezüglich einem kurzzeitigen Spannungs-

unterbruch können folgende Betriebsarten der USV-Anlage in Betracht gezogen werden:

- Dauerbetrieb über den USV-Pfad
- Betrieb über den USV-Pfad während der Arbeitszeit. Ausserhalb der Arbeitszeit, d.h. in der Nacht und an den Wochenenden über den Bypass.
- Dauerbetrieb über den Bypass.

Im Folgenden werden die Stromkosten der Anlage mit dem besten Wirkungsgrad aus Kap. 5.3 bei verschiedenen Betriebsarten verglichen. Dabei wird davon ausgegangen, dass ab der USV-Anlage zur Hauptsache ein EDV-Netz, bestehend aus zentralen und dezentralen Geräten, versorgt wird. Während dem Tag, d.h. während der Arbeitszeit, wenn alle Geräte im Einsatz stehen, ist der Verbrauch hoch. In der arbeitsfreien Zeit, d.h. während der Nacht und an den Wochenenden ist der Verbrauch niedrig, da lediglich noch die zentralen Geräte des EDV-Netzes und weitere notstromberechtigte Verbraucher ab der USV-Anlage versorgt werden.

Tageszeitabhängiger Verlauf der angeschlossenen Lasten abklären.

Tabelle 5: Vergleich von verschiedenen Betriebsarten. Annahmen:

Hoher Verbrauch während 10 h/Tag an 250 Tagen im Jahr:
Wirkleistung der Verbraucher 70 kW; Leistungsfaktor 0.9;

Niedriger Verbrauch in der restlichen Zeit des Jahres:
Wirkleistung der Verbraucher 30 kW; Leistungsfaktor 0.9;

	Betrieb dauernd über USV-Pfad	Betrieb über Bypass während der Nacht und an den Wochen- enden	Betrieb dauernd über Bypass
Nennleistung	100 kVA	100 kVA	100 kVA
<i>Hoher Verbrauch</i>			
Relative Belastung	77 %	77 %	77 %
Wirkungsgrad	93.5 %	93.5 %	98 %
Verlustleistung	4.87 kW	4.87 kW	1.43 kW
Dauer	2'500 h	2'500 h	2'500 h
Energieverluste USV-Anlage	12'175 kWh	12'175 kWh	3'575 kWh
<i>Niedriger Verbrauch</i>			
Relative Belastung	33 %	33 %	33 %
Wirkungsgrad	91 %	97 %	97 %
Verlustleistung	2.97 kW	0.93 kW	0.93 kW
Dauer	6'260 h	6'260 h	6'260 h
Energieverluste USV-Anlage	18'592 kWh	5'822 kWh	5'822 kWh
Jährl. Energieverluste USV-Anlage	30'767 kWh	17'997 kWh	9'397 kWh
Kosten:			
Stromkosten während der Arbeitszeit (18 Rp/kWh)	Fr. 2'192.--	Fr. 2'192.--	Fr. 644.--
Stromkosten ausserhalb der Arbeitszeit (10 Rp/kWh)	Fr. 1'859.--	Fr. 582.--	Fr. 582.--
Jahresstromkosten	Fr. 4'051.--	Fr. 2'774.--	Fr. 1'226.--

Tabelle 6: Vergleich der Kosten einer Anlage bei verschiedenen Betriebsarten. Annahmen: Zinssatz 6 %; Inflation 2 %; Energiekostensteigerung 3 %; Wartungskostensteigerung 3 %; Nutzungsdauer 10 Jahre.

Jahreskosten	Betrieb dauernd über USV-Pfad	Betrieb über Bypass während der Nacht und an den Wochen- enden	Betrieb dauernd über Bypass
Investition	Fr. 12'920.--	Fr. 12'920.--	Fr. 12'920.--
Mittlere Energiekosten	Fr. 4'715.--	Fr. 3'229.--	Fr. 1'427.--
Mittlere Wartungskosten	Fr. 2'212.--	Fr. 2'212.--	Fr. 2'212.--
Total Kosten	Fr. 19'847.--	Fr. 18'361.--	Fr. 16'559.--

Abhängig von der Betriebsart können die jährlichen Kosten um ca. 7 – 16 % reduziert werden.

Die jährlichen Kosten für die Energieverluste können durch die Optimierung der Betriebsart einer USV-Anlage reduziert werden.

Die Empfindlichkeit der Verbraucher bezüglich eines kurzzeitigen Spannungsunterbruches hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wahl der Betriebsart und damit auf die Energieverluste!

6. USV – SYSTEMAUFBAU

6.1. AUFBAUTYP

Geradeaus Anlage

- Vorteile:
- Nur eine Anlage
 - Hohe Belastung hoher Wirkungsgrad
 - Investitionskosten minimal
- Nachteile:
- Ausfall der USV-Anlage hat Systemabsturz zur Folge
 - Reserveleistung reduziert die Belastung und damit den Wirkungskrag

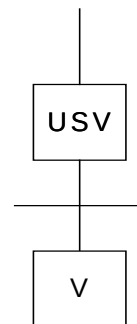


Abbildung 16:
Geradeaus-Anlage

Parallelanlage

- Vorteile:
- Hohe Zuverlässigkeit (MTBF)
 - Ausfall einer Anlage bewirkt keinen Systemausfall
- Nachteile:
- Zwei Anlagen
 - Hohe Investitions- und Betriebskosten
 - Hohe Energieverluste, wenn dauernd beide Anlagen in Betrieb sind

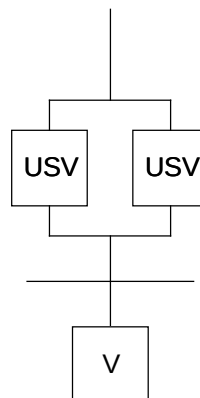


Abbildung 17:
Parallelanlage
(Redundanz)

Modulare Anlage

- Vorteile:
- Lastabhängig steuerbar und ausbaubar
 - Die installierte USV-Leistung kann nahe bei der Verbrauchsleistung gehalten werden
 - Tiefe Betriebskosten
 - Ausfall eines Moduls bewirkt keinen Systemunterbruch
- Nachteile:
- Vorinvestition für die Ausbaubarkeit ist notwendig

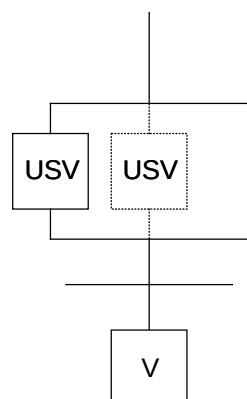


Abbildung 18:
modularer Aufbau
(inklusive Redundanz)

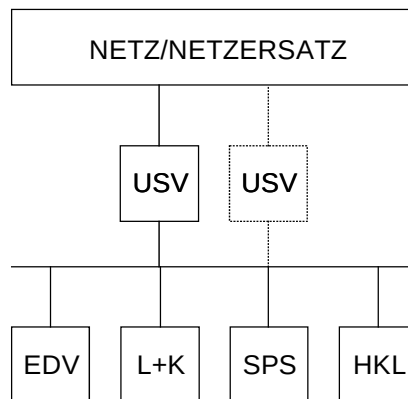
Beschreibung der Abkürzungen

MTBF = Mean Time Between Failures (mittlere Zeit zwischen Ausfällen)

6.2. VERBRAUCHERANFORDERUNGEN DEFINIEREN DAS KONZEPT

Kein Ausfall für alle Verbraucher

Abbildung 19:
Kein Ausfall für alle
Verbraucher

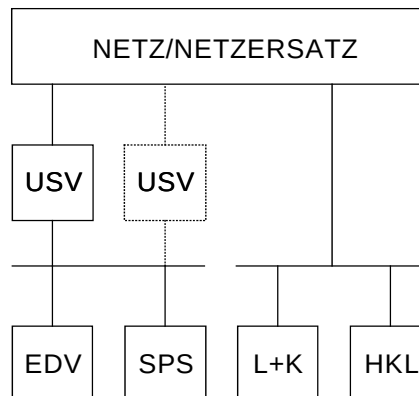


- Vorteile:
- Kein Systemausfall
 - Hohe Verfügbarkeit
 - Nur ein Versorgungsnetz

- Nachteile:
- Grosse USV-Leistung
 - Hohe Verluste
 - Hoher Kostenaufwand für Investitionen und Betrieb

Teilausfall ≤ 1 Minute für gewisse Komponenten ohne Folgen möglich

Abbildung 20:
Teilausfall ≤ 1 Minute für
gewisse Komponenten ohne
Folgen möglich



- Vorteile:
- Optimierung USV-Einsatz für Teilsysteme
 - Hohe Verfügbarkeit für Rechner- und Steuerungssysteme

- Nachteile:
- 2 Energieversorgungsnetze sind notwendig (baulich nicht zu komplex)

Beschreibung der Abkürzungen

EDV	=	Elektronische Datenverarbeitung Rechnersysteme
L+K	=	Apparate, Licht und Kraft
SPS	=	Speicherprogrammierbare Steuerungen
HKL	=	Anlagen für Heizung, Klima, Lüftung

Teilausfall ≤ 1 Minute für Teilsysteme 1 (TS1) und ≤ 20 Millisekunden für Teilsystem 2 (TS2) möglich

Vorteile: - Optimaler Einsatz von Anlagen

- Tiefere Verluste bei Teilsystem 2 als bei Teilsystem 3

- Hohe Verfügbarkeit für Rechner- und Steuersysteme

Nachteile: - 2 evtl. 3 Energieversorgungsnetze

- Evtl. verschiedene USV-Systeme

- Höhere Investitionskosten, da evtl. verschiedene USV-Systeme

Bemerkung: Das Teilsystem 3 ist nur erforderlich, wenn sehr sensible Verbraucher vorhanden sind, die einen Teilausfall ≤ 20 Millisekunden nicht ertragen.

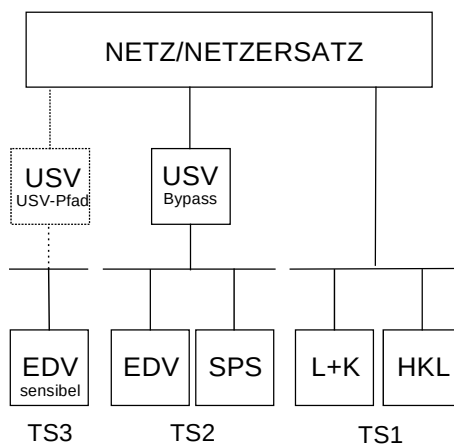


Abbildung 21:
Teilausfall ≤ 1 Minute für
Teilsysteme 1 und ≤ 20
Millisekunden für Teilsysteme 2
möglich

Teilausfall ≤ 1 Minute möglich

Vorteile: - Keine USV-Anlage notwendig

- Nur ein Energieversorgungsnetz

Nachteile: - Risiko, dass Kurzunterbrüche, Spannungsspitzen oder Frequenzschwankungen EDV-Systemabstürze zur Folge haben

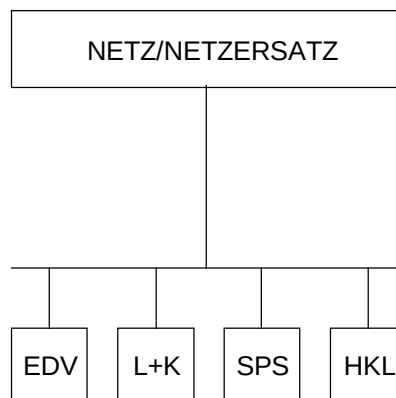


Abbildung 22:
Teilausfall ≤ 1 Minute möglich

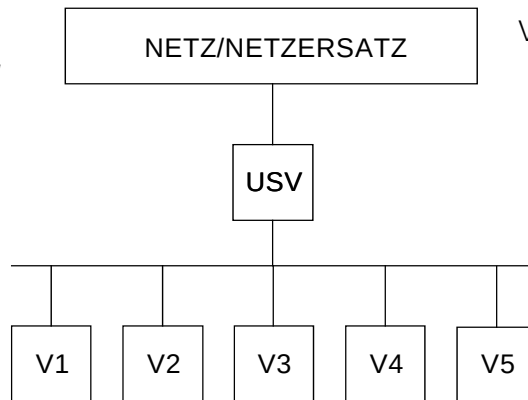
Beschreibung der Abkürzungen

USV-Pfad	=	USV-Anlage mit Betrieb über USV-Pfad
USV-Bypass	=	USV-Anlage mit Betrieb über Bypass
EDV sensibel	=	EDV-Anlage, die einen Ausfall ≤ 20 Millisekunden nicht verkraftet
TS 1,2,3	=	Teilsysteme 1,2,3
V, V1..V5	=	Verbraucher, Verbraucher 1 .. 5
EMV	=	Elektromagnetische Verträglichkeit

6.3. ZENTRALE UND DEZENTRALE USV-VERSORGUNG

Zentrale USV-Versorgung

Abbildung 23:
Zentrale USV-Versorgung

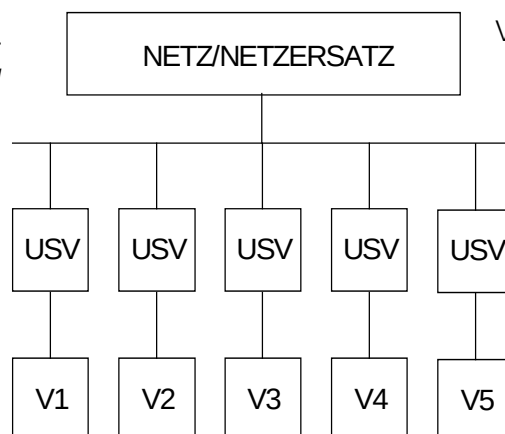


- Vorteile:
- Grosse USV-Anlage weist besseren Wirkungsgrad auf
 - Kleiner Wartungsaufwand
 - Investitionskosten einer Grossanlage sind günstiger
 - Hohe Zuverlässigkeit (MTBF)

- Nachteile:
- USV-Netz parallel zur Normalnetzversorgung nicht USV-berechtigter Verbraucher
 - Nichtlineare Verbraucher erzeugen Oberwellen (EMV-Probleme)
 - Der am meisten kritische Verbraucher definiert den Typ und die Betriebsart der USV-Anlage
 - USV-Ausfall produziert totalen Systemausfall

Dezentrale USV-Versorgung

Abbildung 24:
Dezentrale USV-Versorgung



- Vorteile:
- Ersatz von USV gestaffelt möglich
 - Kein separates USV-Netz
 - Weniger EMV-Probleme
 - Betrieb der USV-Anlagen je nach Anforderung gemischt über USV-Pfad und über Bypass möglich
 - USV-Ausfall hat nur Teilsystemausfall zur Folge

- Nachteile:
- Hohe Investitions- und Betriebskosten
 - Grosser Wartungsaufwand
 - Mehr Teilausfälle, da mehrere kleinere Anlagen
 - Kleine USV-Anlagen oder 1-phasige USV-Anlagen haben einen schlechten Wirkungsgrad. Daher sind nicht zu kleine Einheiten zu wählen.

Energiebilanz der zentralen und dezentralen USV-Versorgung

Mit dem folgenden Vergleich einer zentralen und einer dezentralen USV-Versorgung wird aufgezeigt, welchen Einfluss die beiden Versorgungskonzepte auf die Energiebilanz haben. Dem Rechenbeispiel werden fünf unterschiedliche Verbrauchergruppen V1 bis V5 zu Grunde gelegt. Die Leistungen der einzelnen Verbrauchergruppen und die daraus resultierenden USV-Anlagen sind in der Tabelle 7 zusammengestellt. Innerhalb jeder Verbrauchergruppe ist eine Verschachtelung der Verbraucherleistungen berücksichtigt. Die einzelnen Verbrauchergruppen weisen untereinander zusätzlich eine Verschachtelung auf, so dass ein Gleichzeitigkeitsfaktor (GL-Faktor) zwischen den Verbrauchergruppen von 0.9 berücksichtigt werden kann. Die Leistungen der gewählten USV-Anlagen entsprechen den typischen Baureihen der Hersteller.

Beispielrechnung zum Vergleich der Energiebilanz der zentralen mit der dezentralen USV-Versorgung

Verbrauchergruppe	Maximaler Verbrauch kVA	Nennleistung der dezentralen USV-Anlagen kVA
V1	55	60
V2	75	80
V3	110	120
V4	140	160
V5	150	160
Total dezentral	530	580
GL-Faktor zwischen den Verbrauchergruppen	0.9	Nennleistung der zentralen USV-Anlage kVA
Total zentral	477	500

Tabelle 7:
Verbraucherleistungen und entsprechende Nennleistungen der USV-Anlagen

Durch die stärkere Verschachtelung der Verbraucherleistungen bei der zentralen USV-Versorgung kann die zu installierende USV-Leistung gegenüber der dezentralen USV-Versorgung reduziert werden.

Reduktion der zentralen zu installierenden USV-Leistung dank der stärkeren Verschachtelung

In den folgenden Tabellen sind die Verlustleistungen der beiden Versorgungskonzepte bei grosser, mittlerer und geringer Last zusammengestellt.

Tabelle 8:
Verlustleistungen der
dezentralen und zentralen
USV-Versorgung bei grossem
Verbrauch, d.h. zu Spitzenlast-
zeiten von ungefähr 1000 Std.
pro Jahr
(4 Std. an 250 Arbeitstagen)

Verbraucher- gruppe	Grosser Verbrauch kVA	USV-Anlagen dezentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
V1	40	60	94.0	2.4
V2	75	80	94.2	4.4
V3	107	120	93.6	6.8
V4	140	160	94.0	8.4
V5	115	160	94.0	6.9
Total	477	580		28.9
		USV-Anlage zentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
		500	94.0	28.6

Tabelle 9:
Verlustleistungen der
dezentralen und zentralen
USV-Versorgung bei mittlerem
Verbrauch, d.h. zu den
restlichen Arbeitszeiten von
ungefähr 1500 Std. pro Jahr
(6 Std. an 250 Arbeitstagen)

Verbraucher- gruppe	Mittlerer Verbrauch kVA	USV-Anlagen dezentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
V1	30	60	94.0	1.8
V2	60	80	94.2	3.5
V3	50	120	92.0	4.0
V4	80	160	94.0	4.8
V5	40	160	90.0	4.0
Total	260	580		18.1
		USV-Anlage zentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
		500	94.0	15.6

Tabelle 10:
Verlustleistungen der
dezentralen und zentralen
USV-Versorgung bei geringem
Verbrauch, d.h. ausserhalb der
Arbeitszeiten von ungefähr
6260 Std. pro Jahr

Verbraucher- gruppe	Geringer Verbrauch kVA	USV-Anlagen dezentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
V1	25	60	93.5	1.6
V2	30	80	93.0	2.1
V3	30	120	90.0	3.0
V4	40	160	90.0	4.0
V5	30	160	87.5	3.8
Total	155	580		14.5
		USV-Anlage zentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
		500	93.0	10.9

Durch die langen
Betriebszeiten mit geringem
Verbrauch weist die zentrale
USV-Versorgung weniger
Energieverluste auf als die
dezentrale

Die jährlichen Energieverluste betragen mit den getroffenen Annahmen bezüglich dem Verbrauch und den entsprechenden Betriebszeiten 147 MWh bei der dezentralen USV-Versorgung und 120 MWh bei der zentralen USV-Versorgung. Der grösste Anteil der zusätzlichen Energieverluste der dezentralen Versorgung, nämlich 23 MWh, wird in der langen Betriebszeit mit geringem Verbrauch verursacht. Der Grund dafür ist, dass die dezentralen USV-Anlagen teilweise sehr schwach belastet werden und der Wirkungsgrad somit stark abfällt, im Gegensatz zur zentralen USV-Anlage, die auch bei geringem Verbrauch zu 30 % belastet bleibt, womit der Wirkungsgrad auf einem hohen Niveau verharrt.

6.4. AUFBAU ENERGIEVERSORGUNGSSYSTEM MIT USV UND NETZERSATZANLAGE

Netzersatzanlage (NEA) speist in das Niederspannungsnetz ein; USV wird vom Niederspannungsnetz versorgt

- Vorteile:
- Nur eine NS-Hauptverteilungs-Sammelschiene notwendig
 - NEA-Einspeisung in NS-Netz liefert hohe Verfügbarkeit.

- Nachteile:
- Einbau von Filtern zur Oberschwingungsreduktion notwendig

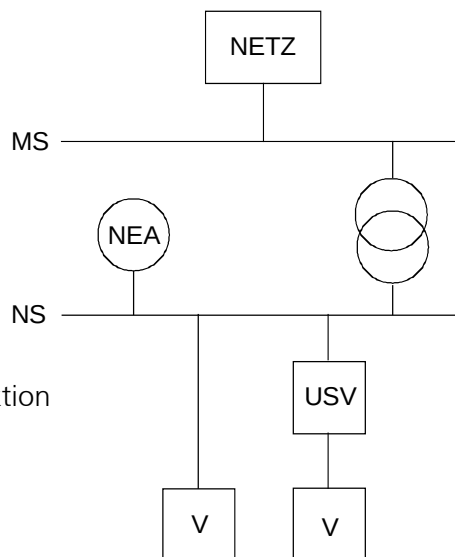


Abbildung 25:
Netzersatzanlage speist in die Niederspannung ein; USV wird vom NS-Netz versorgt

Netzersatzanlage speist in das Mittelspannungs-Netz ein; USV-Anlage wird über eigenen Transformator versorgt

- Vorteile:
- Kein OS-Filter notwendig, da der Transformator dämpfend wirkt
 - Netzersatzanlage muss wegen der reduzierten OS-Be- lastung nicht überdi- mensioniert werden.

- Nachteile:
- Zusätzlicher Transformator
 - Aufteilung der NS-Haupt- verteilung
 - Verfügbarkeit Netzersatz ist aufgrund des Umweges über die MS-Schaltanlage sowie über den Transformator zwi- schen MS- und NS-Netz redu- ziert.

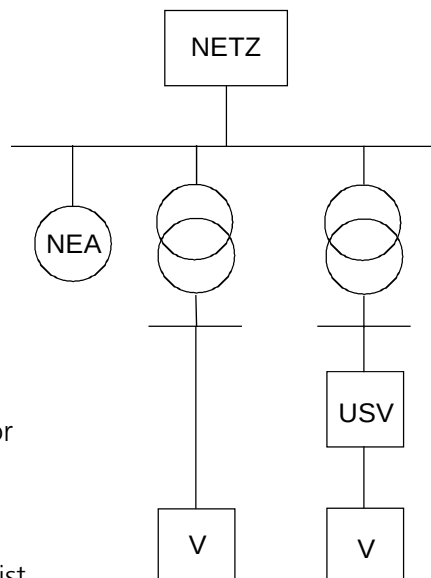
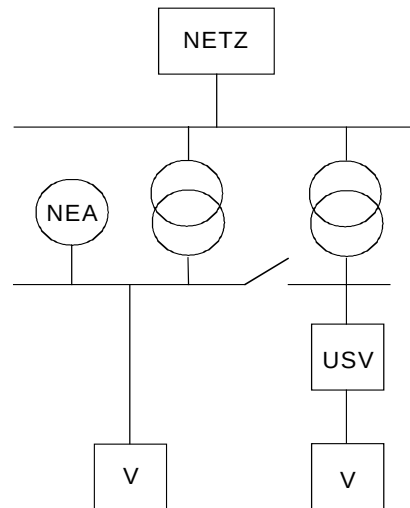


Abbildung 26:
Netzersatzanlage speist in das Mittelspannungs-Netz ein; USV-Anlage wird über eigenen Transformator versorgt

**Netzersatzanlage speist in das NS-Netz ein;
USV wird im Normalfall über eigenen Transformator versorgt
und bei Netzausfall erfolgt die Parallelschaltung zur Netzer-
satzanlage direkt über die NS-Sammelschiene.**

Abbildung 27:
Netzersatzanlage speist in das
Niederspannungsnetz ein; USV
wird über separaten
Transformator versorgt



- Vorteile:
- Kein Einbau von OS-Filtern zur Reduktion der Oberschwingungen am Netzeinspeisepunkt notwendig
 - Hohe Verfügbarkeit im Netzersatz-Bedarfsfall (Einspeisung in NS-Ebene)
- Nachteile:
- zusätzlicher Schalter zur Kopplung der beiden NS-Hauptverteilungen beim Netzausfall
 - NEA-Dimensionierung muss Netzurückwirkungen der USV-Anlage berücksichtigen
 - Steuerungen der Netzersatzanlage und der USV-Anlage müssen bei der Inbetriebsetzung aufeinander abgestimmt werden.

Beschreibung der Abkürzungen

MS	=	Mittelspannung
NS	=	Niederspannung
NEA	=	Netzersatzanlage
OS	=	Oberschwingung

7. ANFORDERUNGEN FÜR EINEN OPTIMALEN EINSATZ

Die Anforderung an die USV-Anlage wird aus technischer Sicht durch das versorgende Netz und die Verbraucher bestimmt.

7.1. VERSORGENDES NETZ

Für die elektrischen Verbraucher ist es von Interesse, wie oft und wie stark das versorgende Netz vom Normalfall abweichen kann. Dabei muss ermittelt werden, wie weit Ausfälle oder Unterbrüche in der Netzversorgung und wie weit andere Netzstörungen auftreten können.

Netzqualität

Mit der „Checkliste zum versorgenden Netz“ (Anhang 1, Teil 1) kann die Qualität des versorgenden Netzes ermittelt werden. Die Berücksichtigung der Störungsstatistiken des Netzbetreibers kann dabei hilfreich sein. Für das versorgende Netz ist eine allfällige interne Verteilung bis zum Anschlusspunkt der USV-Anlage, resp. der Verbraucher mit zu berücksichtigen.

Checkliste zum versorgenden Netz

Als zusätzliche Angabe zum versorgenden Netz muss die Netzkurzschlussleistung SKV am Anschlusspunkt der Verbraucher bekannt sein, bzw. ist durch den Energieversorger zu bestimmen.

Durch den Einsatz von USV-Anlagen werden je nach Aufbauprinzip die Netzurückwirkungen der Verbraucher auf das versorgende Netz reduziert, d.h. von den Verbrauchern können der Leistungsfaktor λ korrigiert und die Stromüberschwingungen am Anschlusspunkt reduziert werden.

Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher

In der „Checkliste zum versorgenden Netz“ (Anhang 1, Teil 2) sind Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher festzuhalten. Der minimale Leistungsfaktor λ oder häufiger der $\cos \varphi$ wird vom Netzbetreiber definiert.

Die maximalen Stromüberschwingungen am Anschlusspunkt sind gemäss der Empfehlung des Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE-Empfehlung 2.72d-97) zu bestimmen. Die Herleitung der Emissionsgrenzwerte für die einzelnen Oberschwingungsströme I_v und für die Gesamtheit aller Oberschwingungsströme $THDi_A$ kann gemäss Anhang 1 erfolgen. Die Berechnung der Emissionsgrenzwerte der Stromüberschwingungen kann erst erfolgen, nachdem die Anschlussleistung der Verbraucher SA ermittelt wurde (Anhang 2, Teil 2).

Hinweis: Ist die Netzkurzschlussleistung SKV am Anschlusspunkt viel grösser als die Anschlussleistung der Verbraucher SA ($SKV / SA \geq 150$ beim

Niederspannungsnetz), so ist keine Überprüfung der Stromüberschwingungen notwendig.

7.2. VERBRAUCHER

Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz

Die elektrischen Verbraucher reagieren unterschiedlich auf die möglichen Netzstörungen. In der „Checkliste der Verbraucher“ (Anhang 2, Teil 1) sollen die Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz bezüglich den Netzstörungen erfasst werden.

USV-berechtigte Verbraucher erfassen.....

Verbraucher, die ab einer USV-Anlage versorgt werden sollen, werden in der Checkliste der Verbraucher erfasst. Zusätzlich zur Leistungsangabe sind Angaben über die Verträglichkeit gegenüber Netzstörungen zu machen. Im weiteren ist anzugeben, ob ein Betriebsausfall des jeweiligen Verbrauchers erlaubt ist und wenn ja, für wie lange.

Die Verträglichkeit der Verbraucher gegenüber den Netzstörungen ist als Ja/Nein-Kriterium zu beurteilen. Dabei gelten folgende Kriterien für die Erfüllung der Verträglichkeit gegenüber den einzelnen Netzstörungen:

- Ein Spannungsunterbruch bis 20 ms muss ohne Störung der Funktion überstanden werden.
- Abweichungen von der Nennspannung bis $\pm 10\%$, der Nennfrequenz bis $\pm 4\%$ sowie bis 8 % Spannungsverzerrung müssen ohne Störung der Funktionen des Verbrauchers überstanden werden.
- Schnelle und energiereiche Transiente bis $4 \text{ kV}_{\text{peak}}$ müssen ohne nachhaltige Störung der Funktion überstanden werden, d.h. der Verbraucher kann durch die Transienten bemerkbar gestört werden, der fehlerfreie Zustand wird jedoch nach der Störeinwirkung wieder selbständig hergestellt.

..... und kategorisieren.

Die Auswertung der Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz zusammen mit der Qualität des versorgenden Netzes führt zur Kategorisierung der Verbraucher gemäss der Beschreibung in Kapitel 7.3.

Bei der Erfassung der Verbraucher sollen Erfahrungswerte, den Werten aus den Datenblättern vorgezogen werden, da die Erfahrungswerte wesentlich zur Optimierung des Einsatzes der USV-Anlage beitragen.

Im folgenden werden einige Beispiele zu den Anforderungen der Verbraucher aufgeführt.

Ein Grossteil der Personalcomputer, Arbeitsstationen, EDV-Netzwerke und der Geräte mit getakteten Netzgeräten überstehen einen Spannungsunterbruch von 20 ms ohne Funktionsstörung und sind auch gegenüber den anderen Netzstörungen in den oben aufgeführten Bereichen immun. Im Gegensatz dazu führt bei Hochdruckleuchten oder teilweise bei Steuerungen mit Relais in Selbsthaltung ein Spannungsunterbruch von 20 ms dazu, dass sich das Gerät abschaltet und allenfalls erst nach einigen Minuten wieder gestartet werden kann.

Bei Anlagen mit eigener Energiespeicherkapazität, wie z.B. bei Klima- und Kälteanlagen in einem Gebäude ist häufig ein Betriebsausfall von mehre-

ren Minuten erlaubt. Im Gegensatz dazu gilt dies nicht für die Klimatisierung des USV- und eines allfälligen Batterieraumes, da für den Betrieb der USV-Anlage und der Batterien die für eine einwandfreie Funktion der Anlagen erforderlichen Umgebungsbedingungen gewährleistet sein müssen und dies besonders bei einem Netzausfall.

Mit der Qualität der Verbraucher wird erfasst, welche Netzzrückwirkungen die Verbraucher ins versorgende Netz einspeisen. Von Interesse sind dabei der Leistungsfaktor und die Stromüberschwingungen, da diese Netzzrückwirkungen durch USV-Anlagen reduziert werden können.

Mit der „Checkliste der Verbraucher“ (Anhang 2, Teil 2) kann diese Qualität der Verbraucher erfasst werden.

Von den einzelnen Verbrauchern wird unter Berücksichtigung des jeweiligen Gleichzeitigkeitsfaktors und des Leistungsfaktors die Wirk- und Blindleistung bestimmt. Aus der Summe aller Wirk- und Blindleistungen wird der Leistungsfaktor aller Verbraucher sowie die gesamte Anschlussleistung der Verbraucher S_A ermittelt. **Die Erhebung der Wirk- und Blindleistung der einzelnen Verbraucher ist ein Basiskriterium für die Dimensionierung einer USV-Anlage und somit zwingend vorzunehmen.**

Zur Erhebung der Überschwingungsströme der einzelnen Verbraucher fehlen häufig die Angaben der Hersteller, daher wird die Bestimmung dieser Netzzrückwirkungen der Verbraucher für die Optimierung des Einsatzes von USV-Anlagen als optionales Kriterium betrachtet. Falls der Grossteil der Verbraucher ein nichtlineares Verhalten aufweist (z.B.: Einsatz vieler Geräte mit Leistungselektronikkomponenten), ist eine Beurteilung der Qualität der Verbraucher bezüglich den Stromüberschwingungen trotzdem zu empfehlen.

Die Beurteilung der Stromüberschwingungen der Verbraucher erfolgt gemäss der VSE-Empfehlung 2.72d-97. Das Vorgehen zur Ermittlung des dazu notwendigen Überschwingungslastanteil aller Verbraucher ist im Beiblatt B der VSE-Empfehlung (Anhang 3) beschrieben.

Die Beurteilung der Stromüberschwingungen aller Verbraucher ist abhängig vom versorgenden Netz und wird im Kapitel 7.3 „Vergleich des versorgenden Netzes mit den Verbrauchern“ erläutert.

7.3. VERGLEICH DES VERSORGENDEN NETZES MIT DEN VERBRAUCHERN

Die erfassten Verbraucher müssen abhängig von den Anforderungen an das versorgende Netz kategorisiert werden. Dabei werden drei Kategorien gebildet.

Qualität der Verbraucher

Für die Bestimmung der USV-Leistung sind der Gleichzeitigkeitsfaktor und der Leistungsfaktor zu berücksichtigen.

Überschwingungsströme als optionales Kriterium, ausser wenn der Grossteil der Verbraucher ein nichtlineares Verhalten aufweist.

Kategorisierung der Verbraucher

Kategorie 1: Versorgung ab Netz

Verbraucher direkt am Netz

Die Verbraucher können direkt am Netz ohne USV-Anlage betrieben werden.

Kategorie 2: Versorgung über Bypass

Verbraucher verkraften einen
Spannungsunterbruch von
max. 20 ms.

Die Verbraucher werden über eine USV-Anlage versorgt. Im Normalbetrieb erfolgt die Versorgung über den Bypass. Bei einer Netzstörung wird die Versorgung mit einem Spannungsunterbruch von max. 20 ms auf den USV-Pfad umgeschaltet. Die Verbraucher überstehen diesen Spannungsunterbruch ohne Betriebsstörung und die Funktionen der Verbraucher bleiben gewährleistet.

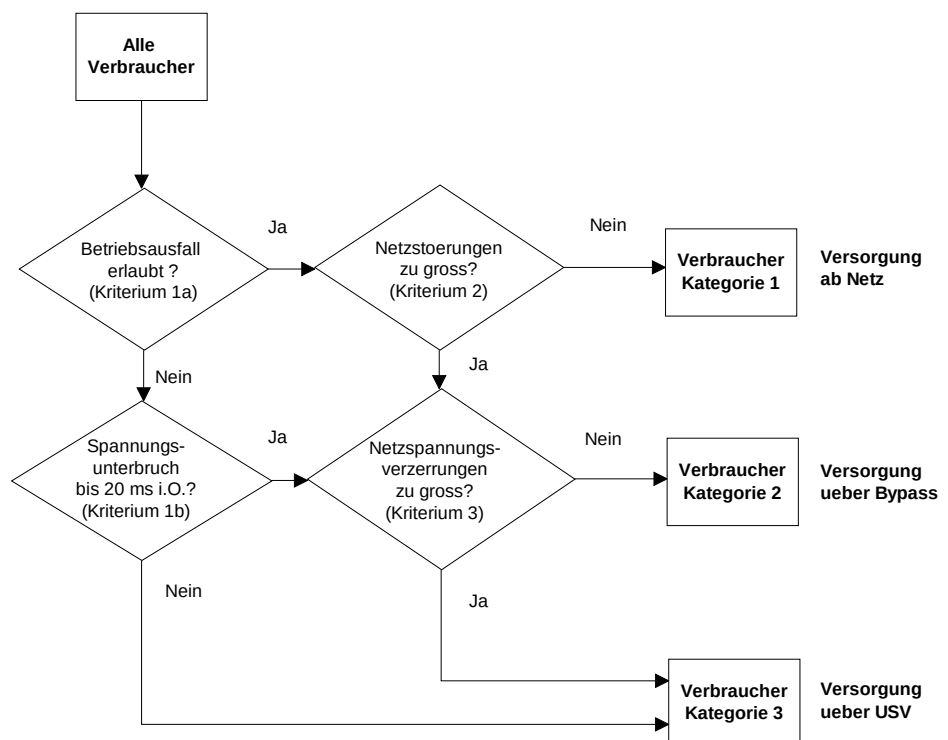
Kategorie 3: Versorgung über USV

Verbraucher verkraften keinen
Unterbruch.

Die Verbraucher werden über den USV-Pfad der Anlage versorgt.

Die Zuordnung der Verbraucher in die drei Kategorien erfolgt in mehreren Schritten gemäss folgendem Ablauf.

Abbildung 28:
Ablauf der
Verbraucher kategorisierung



Grobeinteilung in die drei
Kategorien

1. Schritt der Verbraucherkategorisierung

Verbraucher, bei denen ein Betriebsausfall erlaubt ist, werden der Kategorie 1 zugeordnet (Kriterium 1a).

Verbraucher, bei denen kein Betriebsausfall erlaubt ist, die aber einen Spannungsunterbruch bis 20 ms ohne Betriebs- oder Funktionsstörung ertragen, werden der Kategorie 2 zugeordnet (Kriterium 1b).

Alle anderen Verbraucher werden der Kategorie 3 zugeordnet.

2. Schritt der Verbraucherkategorisierung

Verbraucher der Kategorie 1, bei denen die möglichen Netzstörungen des versorgenden Netzes ausserhalb der Bandbreite der vertraglichen Netzstörungen liegen und durch diese beschädigt werden können, werden der Kategorie 2 zugeordnet. Diese Änderung der Kategorisierung wird auch vorgenommen, wenn die Verbraucher durch die Netzstörungen in ihrer Funktion beeinträchtigt werden, ohne dass es zu einer Abschaltung des jeweiligen Verbrauchers kommt. Netzstörungen, die ausserhalb den in der Checkliste der Verbraucher aufgeführten Bandbreiten liegen, können in einem Industrienetz oder im Inselbetrieb auftreten (Kriterium 2).

Detailabklärungen bezüglich der Verträglichkeit einzelner Netzstörungen

3. Schritt der Verbraucherkategorisierung

Verbraucher der Kategorie 2, bei denen die mögliche Spannungsverzerrung des versorgenden Netzes ausserhalb der Bandbreite der vertraglichen Spannungsverzerrung liegt, werden der Kategorie 3 zugeordnet. Hohe Spannungsverzerrungen können in Industrienetzen auftreten.

Abklärungen bezüglich der Verträglichkeit von Spannungsverzerrungen

Beispiel zur Verbraucherkategorisierung

Als Beispiel werden im Folgenden die Verbraucher eines Bürogebäudes kategorisiert. Ausgehend von der Versorgung ab einem städtischen Mittelspannungsnetz kann die Kategorisierung basierend auf den Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz vorgenommen werden. Bezüglich der Versorgungssicherheit wird davon ausgegangen, dass bei einem Netzausfall nach 10 Minuten die Versorgung wieder gewährleistet ist, sei dies durch die Netzwiederkehr oder durch eine Gebäude eigene Notstromanlage.

Kategorisierung der Verbraucher eines Bürogebäudes

Auf Leistungsangaben der Verbraucher werden beim Beispiel verzichtet, da die Kategorisierung unabhängig von der Verbraucherleistung erfolgt. Die aufgeführten Verbraucher im Beispiel beinhalten gesamte Verbrauchergruppen, bei einer konkreten Anwendung der Checkliste sollen die Verbraucher jedoch möglichst detailliert erfasst werden.

Aus der Verbraucherkategorisierung im Beispiel (untenstehende Checkliste) geht hervor, dass sämtliche Verbraucher der Kategorie 1 (Versorgung ab Netz) oder der Kategorie 2 (Versorgung über Bypass) zugeordnet werden können. Somit können sämtliche Verbraucher, welche an die USV-Anlage angeschlossen werden, im Normalbetrieb über den Bypass versorgt werden. Die Steuerung der USV-Anlage muss bei einem allfälligen Inselbetrieb mit Versorgung ab der Notstromanlage auf Betrieb über den USV-Pfad umschalten, da die Qualität des versorgenden Netzes beim Inselbetrieb mit der Notstromanlage nicht derjenigen entspricht, welche für die Verbraucherkategorisierung berücksichtigt wurde.

Teil 1: Anforderung der Verbraucher an das versorgende Netz

Abbildung 29:
Checkliste der Verbraucher mit
Beispielen zur
Verbraucherkategorisierung

Verbraucher	Ref.-Nr.	Leistung (VA)	Verträgliche Netzstörungen der Verbraucher (Ja/Nein-Kriterium)						Betriebsausfall Erlaubt ja / nein Dauer in Minuten	Verbraucher Kategorie ? (1, 2 od. 3)
			Spannungs- unterbruch bis 20 ms ?	Spannungs- schwankung bis +/- 10 %	Frequenz- schwankung bis +/- 6 %	Spannungs- verzerrung bis 8 %	Schnelle Transiente bis 4 kV _{peak}	Energierreiche Transiente bis 4 kV _{peak}		
Beleuchtung			teilw.	ja	ja	ja	ja	ja	ja, 10 Min.	1
Notbeleuchtung			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Kälteanlagen			ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja, 15 Min.	1
Kälteanlagensteuerung			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Klimaanlagen Gebäude			ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja, 15 Min.	1
Klimaanlagensteuerung			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Klimaanlage USV- und Batterieraum			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Personalcomputer			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
EDV-Netzwerk inkl. Server und Arbeitsstationen			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2

Beurteilung der Netzzrückwirkungen der Verbraucher

Netzzrückwirkungen der
Verbraucher pro Kategorie

Zur Beurteilung der Netzzrückwirkungen der Verbraucher werden von den Verbrauchern pro Kategorie die Gesamtleistung S_A , der Leistungsfaktor λ und als Option der Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A bestimmt (Anhang 2, Teil 2).

Die Gesamtleistung S_A dient als Grösse zur Bestimmung der Leistung einer USV-Anlage.

Ist der Leistungsfaktor λ zu niedrig, d.h. ist er kleiner als der geforderte minimale Wert, so sind Massnahmen zur Verbesserung des Leistungsfaktors notwendig.

Bei einer Beurteilung des Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A der Verbraucher muss dieser in Relation zum Verhältnis S_{KV} / S_A gesetzt werden. Aus dem Diagramm im Anhang 3 geht dabei hervor, ob allenfalls Massnahmen zur Reduktion der Oberschwingungen notwendig sind oder nicht.

Falls notwendig, sind folgende Massnahmen zur Reduktion der Netzzrückwirkungen der Verbraucher möglich:

Verbraucher	Massnahmen wenn	
	Leistungsfaktor λ zu gering	Oberschwingungslastanteil zu hoch
Kategorie 1: Versorgung ab Netz	- Einsatz alternativer Verbraucher - Filter - Blindleistungskompensation	- Einsatz alternativer Verbraucher - Filter
Kategorie 2: Versorgung über Bypass	- Einsatz alternativer Verbraucher - Ausgewählte Verbraucher der Kategorie 3 zuordnen - Filter - Blindleistungskompensation	- Einsatz alternativer Verbraucher - Ausgewählte Verbraucher der Kategorie 3 zuordnen - Filter
Kategorie 3: Versorgung über USV	- Abschirmung durch Gleichstromkreis der USV-Anlage *) - Leistungsfaktorkorrektur durch USV-Anlage - Aktivfilterfunktion der USV-Anlage	- Abschirmung durch Gleichstromkreis der USV-Anlage *) - Aktivfilterfunktion der USV-Anlage

Tabelle 11:
Mögliche Massnahmen zur Reduktion von Netzzrückwirkungen

*) Die USV-Anlage selbst muss die Anforderungen des versorgenden Netzes bezüglich der Netzzrückwirkungen ebenfalls erfüllen.

7.4. BESTIMMUNG DER USV-ANLAGE

Ausgehend von den kategorisierten Verbrauchern werden die Anforderungen an die USV-Anlagen festgelegt.

Die Verbraucher der Kategorie 1 sind nicht USV-berechtigt und müssen für die Spezifikation der USV-Anlage nicht weiter berücksichtigt werden. Durch das Ausscheiden der Verbraucher der Kategorie 1 kann die erforderliche Leistung der USV-Anlage reduziert werden.

Die Leistung der USV-Anlage wird durch die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 bestimmt. Abhängig von der Aufteilung der Verbraucher in die Kategorien 2 und 3 muss festgelegt werden, ob allenfalls zwei unabhängige USV-Anlagen eingesetzt werden sollen, wobei die eine über den Bypass und die andere über den USV-Pfad betrieben wird.

Ist ein Betrieb über den Bypass vorgesehen, so ist es erforderlich, dass die schnellen und energiereichen Transienten am Eingang der USV-Anlage absorbiert werden, so dass die an die USV-Anlage angeschlossenen Verbraucher auch im Bypass-Betrieb nicht durch Transiente vom versorgenden Netz beschädigt werden können.

Die Kategorisierung der Verbraucher bestimmt die Anforderungen an die USV-Anlage

7.5. BETRIEB DER USV-ANLAGE

Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 ab zwei unabhängigen USV-Anlagen versorgt, so wird die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 2 über den Bypass und die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 3 über den USV-Pfad betrieben.

Betrieb über Bypass ist aus energetischen Gründen anzustreben.

Der Betrieb einer USV-Anlage über den Bypass ist aus Gründen der Verlustminimierung anzustreben. Der Wirkungsgrad einer USV-Anlage liegt im Bypass-Betrieb bei 98 % gegenüber ca. 94 % bei einzelnen Fabrikaten im Betrieb über den USV-Pfad.

USV-Anlagen, die bei ungestörter Netzeinspeisung über den Bypass betrieben werden, müssen im Falle einer Netzstörung automatisch auf den USV-Betrieb umschalten. Die Kriterien für die Umschaltung sind dabei so zu wählen, dass möglichst lange Betrieb über Bypass gefahren werden kann. Die Rückkehr vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb darf erst nach einer Stabilisierungsphase des versorgenden Netzes erfolgen.

Verbraucher der Kategorie 3 ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten über Bypass versorgen.

Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 ab einer gemeinsamen USV-Anlage versorgt, so wird die USV-Anlage über den USV-Pfad betrieben. Durch eine detaillierte Betrachtung der Verbraucher der Kategorie 3 bezüglich der erforderlichen Verfügbarkeit muss geklärt werden, ob allenfalls ein Bypass-Betrieb ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten, d.h. in der Nacht oder an den Wochenenden möglich ist.

Die Möglichkeit des zeitweisen Bypass-Betriebes soll auch bei einer USV-Anlage, die ausschliesslich Verbraucher der Kategorie 3 versorgt, geprüft werden.

8. GRUNDREGELN DER PLANUNG

Das Vorgehen für die Bestimmung des optimalen Einsatzes von USV-Anlagen ist im Kapitel 7 beschrieben. Im folgenden werden die Grundregeln der Planung in Form einer Checkliste aufgeführt.

8.1. LASTEN MIT USV-BERECHTIGUNG

- | | |
|---|---|
| - Netzqualität und Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher festhalten (Anhang 1) | Netzqualität und Anforderungen des Netzes |
| - Leistungen der Verbraucher bestimmen und festhalten (Anhang 2). | Leistung der Verbraucher |
| - Verbraucher bezüglich Notwendigkeit einer USV-Versorgung überprüfen. | Notwendigkeit einer USV-Anlage |
| - Verträglichkeit der Verbraucher gegenüber Netzstörungen abklären und festhalten (Anhang 2). | Verträglichkeit von Netzstörungen |
| - Konsequenzen von Netzstörungen oder Netzunterbrüchen für den Betrieb abklären: Personengefährdung sowie Produktionsausfälle und Sachschäden mit Kostenfolgen. | Konsequenzen der Netzstörungen |
| - Verbraucherkategorisierung durchführen (Kap. 7.3). | Verbraucherkategorisierung |

8.2. PLANUNGSINFORMATION

- | | |
|---|--|
| - Die Kenntnis über die zu erwartende Gesamtlast ist während der Planung eines Projektes laufend zu aktualisieren und in die Ermittlung der benötigten USV-Leistung einfließen zu lassen. Die Dimensionierung der USV-Anlage ist daher möglichst spät durchzuführen. | USV-Leistung dem Planungsstand nachführen |
| - Der Einsatz von energiesparenden Technologien bei den Verbrauchern ist zu berücksichtigen. Bei der Bestimmung der Leistung sind daher Daten der neuesten Gerätegeneration zu verwenden. | Daten der neuesten Geräte verwenden |
| - Die Abschaltbarkeit der Verbraucher gibt Zusatzinformationen über die tatsächliche notwendige Leistung einer USV-Anlage | Abschaltbarkeit der Verbraucher prüfen |
| - Die Verbraucherkategorisierung bestimmt die Betriebsart einer USV-Anlage. | Betriebsart der USV-Anlage auf die Verbraucher abstimmen |
| - Die gewünschte Kapazität der Batterien der USV-Anlage ist zu minimieren (reduziert Investitions-, Wartungs- und Entsorgungskosten). Dazu muss abgeklärt werden, in welcher Zeit laufende Prozesse geordnet abgeschaltet werden können. Der Einsatz einer Netzersatzanlage reduziert die notwendige Batteriekapazität ebenfalls. | Lastmanagement zur Reduktion der USV-Leistung |
| - Filter einer USV-Anlage können zur Kompensierung von Grundschwingungsblindleistung verwendet werden. | Filter helfen bei der Kompensation der Grundschwingungsblindleistung |

8.3. DIMENSIONIERUNG DER ANLAGE

- | | |
|---|---|
| Auf Leistungsreserven verzichten | - Festlegung der zu erwartenden USV-Belastung ohne jede Leistungsreserven. |
| Ausbaustufen separat erheben | - Die durch einen allfälligen Ausbau des Betriebes zu erwartenden zusätzlichen Leistung sind separat zu erheben. |
| Effektiver Verbrauch der Geräte berücksichtigen | - Bei der Bestimmung der Belastung ist mit dem effektiven Verbrauch der angeschlossenen Geräte und nicht mit der Typenschildleistung zu rechnen. |
| Gleichzeitigkeit berücksichtigen | - Der Gleichzeitigkeitsfaktor, der das parallele Aufschalten aller vorhandenen Geräte ausdrückt, ist besonders genau zu eruieren. |
| Zeitlicher Verlauf der einzelnen Verbraucher | - Bestimmung der Tagesgangkurven der Belastung der USV-Anlage. |
| Art der Last | - Bestimmung der linearen/nichtlinearen Charakteristik der Verbraucher. Der Scheitel- oder Crestfaktor des Stromes bildet das Mass der Nichtlinearität einer Last (Scheitelfaktor = Scheitelwert/Effektivwert). |

8.4. WAHL DES TYPIS UND DER BETRIEBSART

Die wichtigsten Vor- und Nachteile der Typen von USV-Anlagen sind im Kapitel 2 zusammengestellt. Bei allen Technologien sind in den letzten Jahren grosse Fortschritte sowohl in Bezug auf die Zuverlässigkeit und Qualität der Ausgangsspannung, als auch der Energieverluste gemacht worden. Daraus ergeben sich folgende Richtlinien für den Planer:

- | | |
|--|--|
| Verbraucheranforderungen berücksichtigen | - Möglichst die von den Verbrauchern geforderte Qualität an die USV-Versorgung gemäss Anhang 2 Teil 1 „Anforderung an das versorgende Netz“ vorgeben. |
| Q/E-Matrix vom Hersteller ausfüllen lassen | - Hersteller verpflichten, die vorgegebenen Bedingungen mit der angebotenen Anlage zu erfüllen. Deklaration mit der Qualitäts-/Energiamatrix (Anhang 4). |

8.5. AUFBAU

- | | |
|---|---|
| Geradeausanlagen werden am häufigsten eingesetzt | - Geradeausanlage: Die Geradeausanlagen ist das im Leistungsbereich bis ca. 500 kVA am häufigsten verwendete System. |
| Parallelanlagen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit oder Leistungserhöhung | - Parallelanlage: Parallelanlagen werden eingesetzt zur Erhöhung der Versorgungssicherheit bei Verbrauchern mit sehr hohen Verfügbarkeitsanforderungen (bereits ab 10 kVA) oder bei Leistungen, die oberhalb von Leistungskategorien von Einzelanlagen liegen. |
| Modulare Anlagen ermöglichen einen bedarfsgerechten Einsatz | - Modularer Aufbau: Modular aufgebaute Anlagen gelangen zum Einsatz in Leistungsbereichen, die von einer einzelnen USV-Anlage nicht mehr abgedeckt werden können oder in Anwendungen, bei denen der Tagesgang die teilweise Abschaltung der Anlage erlaubt. |

8.6. STEUERUNG

- **Lastabhängige Zu- und Abschaltung von Einzelsystemen in der Anlage:** Sofern der Tagesgangverlauf der USV-Last aufzeigt, dass Parallelanlagen, bzw. Teilsysteme von modular aufgebauten Anlagen abschaltbar sind, ist dies aus energetischen Gründen anzustreben. Beim Einsatz einer Anlage mit lastabhängiger Steuerung gibt sich die Möglichkeit des gezielten und optimierten Einsatzes von redundanten Anlagen.
Den Einsatz lastabhängig optimieren
- **Verbraucherabhängige Wahl der Betriebsart von USV-Anlage:** Werden die Verbraucher der Kategorie 2 (Spannungsunterbruch bis 20 ms verkraftbar) und 3 (kein Spannungsunterbruch verkraftbar) ab zwei unabhängigen USV-Anlagen versorgt, so wird die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 2 über den Bypass und die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 3 über den USV-Pfad betrieben.
Die Kategorisierung der Verbraucher ist die Voraussetzung für einen verbraucherabhängig optimierten Betrieb
Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 ab einer gemeinsamen USV-Anlage versorgt, so wird die USV-Anlage über den USV-Pfad betrieben. Durch eine detaillierte Betrachtung der Verbraucher der Kategorie 3 bezüglich der erforderlichen Verfügbarkeit muss geklärt werden, ob allenfalls ein Bypass-Betrieb ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten, d.h. in der Nacht oder an den Wochenenden möglich ist. Die Möglichkeit des zeitweisen Bypass-Betriebes soll auch bei einer USV-Anlage, die ausschliesslich Verbraucher der Kategorie 3 versorgt, geprüft werden.

8.7. WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG UND VARIANTENVERGLEICH

- **Gegenüberstellung der Investitions- und Betriebskosten, Kapitalisierung der Verluste:** Unter Berücksichtigung der Netzkonfigurationen und der Lastverhältnisse ist es sinnvoll, die Verluste zu kapitalisieren und somit ein weiteres Kriterium für die Auswahl der USV-Anlage zu erhalten. Bei der Ermittlung der Energieverluste ist den Zeiten mit unterschiedlicher Betriebsart (Betrieb über USV-Pfad resp. Betrieb über Bypass) und abgeschalteten Einzelsystemen Rechnung zu tragen.
Verluste der USV-Anlagen und der verschiedenen Betriebsarten kapitalisieren
- **Risikoanalysen und Variantenvergleich:** Unter Berücksichtigung des Risikos von Störungen und Netzunterbrüchen sind mögliche Varianten für die Wahl des USV-Systems, des USV-Typs und der Betriebsarten der USV-Anlage miteinander zu vergleichen.
Vergleich der USV-Anlagen und Betriebsarten bezüglich des Risikos von Störungen und Netzunterbrüchen

8.8. KONFIGURATION VON USV-SYSTEMEN MIT ZUSATZELEMENTEN

Zusatzelemente für spezielle Anwendungen

- **Einbau von Zusatzelementen:** Die Ausrüstung von USV-Anlagen mit Potentialtrennungstransformatoren, 12-pulsigen Gleichrichtern und Filteranlagen erhöht die Personensicherheit und reduziert die Netzurückwirkungen. Die Zusatzeinrichtungen haben höhere Verluste der Anlage zur Folge, reduzieren aber die durch Oberschwingungsblindleistung verursachten Verluste auf dem versorgenden Netz.

8.9. KONFIGURATION DES ENERGIEVERSORGUNGSNETZES

Keine Mängel im Energieversorgungsnetz mit dem Einsatz von USV-Anlagen beheben

- **Normalnetz, Notnetz, USV-Netz:** Das Energieversorgungsnetz ist derart zu konzipieren, dass der Einsatz von USV-Anlagen und der dazugehörigen Batterieelementen minimal wird.

8.10. ERSATZVARIANTEN

Verbrauchersysteme so auswählen, dass ein minimaler Einsatz von USV-Anlagen erforderlich wird

- **Spezielle Konzipierung der Verbrauchersysteme:** Die Anforderungen an die Konfiguration und Auslegung der Verbrauchersysteme wie Rechner usw. sind so zu legen, dass ein minimaler Einsatz von USV-Anlagen erforderlich wird. Geräte, die einen Spannungsunterbruch bis 20 ms verkraften können, sind zu bevorzugen, um die USV-Anlage im energiesparenden Betrieb über den Bypass fahren zu können.

Alternativen zu USV-Anlagen prüfen

- **Prüfung von alternativen Varianten:** Mittels Photovoltaikeinspeisung und Batteriestützung kann eine Gleichspannungsversorgung für elektronische Komponenten im Netzausfall die Versorgung aufrecht erhalten.

9. AUSSCHREIBUNGEN: ENERGETISCHE UND QUALITATIVE SPEZIFIKATION

Neben den allgemeinen und besonderen Bestimmungen für die Submission und die Ausführung von USV-Anlagen und den eigentlichen technischen Spezifikationen soll das Pflichtenheft auch die nachfolgend dargestellten energetischen Spezifikationen beinhalten. Die Spezifikationen stammen einerseits von der Planung und der Bauherrschaft – als Teil des Pflichtenheftes – und andererseits vom ausführenden Unternehmer oder Anlagenhersteller als Teil der Offerte.

Energetische Spezifikation als Teil der Ausschreibung

9.1. ANGABEN SEITENS DER PLANUNG

- **Geforderte Qualität der USV-Versorgung hinsichtlich Frequenz- und Spannungsstabilität sowie tolerierten Kurzunterbrechungen:** Aufgrund dieser Angaben kann der Hersteller entscheiden, welcher Typ von USV-Anlage und welche Betriebsart, resp. Betriebsartenumschaltungen für den vorliegenden Fall geeignet sind.
- **Tagesgangverlauf der USV-Last:** Die Angabe des Tagesgangverlaufs gibt Auskunft, welche Schwankungen in der Last zu erwarten sind, und ob die Möglichkeit besteht, die USV-Anlage teilweise auszuschalten (z.B. automatische Nacht- und Wochenendabschaltung vorsehen).
- **Art der Last (linear/nichtlinear):** Die Art der Last - linear oder nicht-linear - eventuell mit Angabe des Crestfaktors, gibt dem Hersteller Informationen zur Überprüfung der Dimensionierung und zur Auslegung der USV-Anlage.
- **Ausbaukapazität und Reserven:** Angaben über einen zukünftigen Ausbau geben dem Hersteller Information zur Konfigurierung der USV-Anlage. Zur Auswahl stehen Geradeausanlagen, Parallelanlagen oder modular aufgebaute Anlagen.
- **Raumkonditionen und Aufstellungsbedingungen:** Angaben zum Standort der USV-Anlage erlauben zusätzliche energetische Verbesserungen. Beispiel: Die USV-Anlage wird auf einen belüfteten Hohlboden und die Batterien in einem separaten Raum aufgestellt. Dadurch kann eine effiziente Lüftung mit optimierten Temperaturen und Volumenströmen realisiert werden

Welche Qualität der USV-Versorgung ist erforderlich

Lastverlauf

Besondere Anforderungen der Verbraucher

Beschaffungsetappen angeben

Installationsort

Anforderungen des
einspeisenden Netzes

- **Einbindung der USV-Anlage in die Energieversorgung:** Der Hersteller hat die Auflage, unzulässige Oberschwingungen mittels Filter oder mit der Aktivfilterfunktion der USV-Anlage zu eliminieren. Die Filter resp. die Aktivfilterfunktion können auch zur Kompensation von der Grundschiwungsblindleistung eingesetzt werden.

9.2. ANGABEN SEITENS DES HERSTELLERS

Q/E-Matrix

- **Qualitäts-/Energiematrix:** Mit der Qualitäts-/Energiematrix gibt der Lieferant verbindliche Werte bezüglich der Störungsbehebung am Ausgang, der Netzzrückwirkungen am Eingang und der Verluste, resp. Wirkungsgrade im Normalbetrieb der USV-Anlage an (Anhang 4). Bei der Beurteilung sind der Systemaufbau und die Kundenoptionen zu berücksichtigen, weil diese die Qualität und die Verluste der gesamten Anlage beeinflussen.

Geeigneter Typ

- **Typ der einzusetzenden USV-Anlage, eventuell Varianten:** Der Hersteller bestimmt aufgrund der Spezifikation des Pflichtenheftes den Typ der einzusetzenden Anlage.

Aufbau

- **Aufbau der eingesetzten Anlage:** Der Hersteller schlägt aufgrund der spezifizierten erwarteten USV-Last vor, ob eine modular aufgebaute und erweiterbare Anlage lieferbar und sinnvoll ist.

Möglichkeiten der
verschiedenen Betriebsarten

- **Betriebsweise der USV-Anlage:** Der Hersteller definiert, ob die USV-Anlage dem Lastprofil folgen kann, d.h. teilweise oder ganz abschaltbar ist oder im Dauerbetrieb gefahren werden muss (z.B. automatische Nacht-, oder Wochenendabschaltung). Zudem gibt er an, ob die Anlage dauernd oder zeitweise (z.B. ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten) über den Bypass betrieben werden kann.

Besondere Massnahmen zur
Einhaltung der Anforderung des
einspeisenden Netzes

- **Angabe zu notwendigem Einbau von Filtern:** Mit dem Einbau von Filtern kann der Oberschwingungsgehalt, allenfalls verursacht durch die USV-Anlage, verkleinert werden. Damit sind die Zusatzverluste durch die Oberschwingungsblindleistungen im Energieversorgungsnetz reduzierbar. Moderne USV-Anlagen weisen zunehmend eine Aktivfilterfunktion auf, so dass der Einbau von zusätzlichen Filtern nicht mehr notwendig ist.

10. ROTIERENDE USV-ANLAGEN

Als Alternative zu den statischen USV-Anlagen können ab Leistungen von 500 kVA auch rotierende USV-Anlagen eingesetzt werden. Der Einsatzbereich und der Aufbau der rotierenden USV-Anlagen werden im Folgenden beschrieben. Bei den rotierenden USV-Anlagen ist zu unterscheiden, ob die USV-Anlage gesamthaft als dynamische Anlage realisiert ist oder ob sich der dynamische Anlagenteil auf die Energiespeicherung beschränkt.

Rotierende USV-Anlagen als Alternative zu den statischen USV-Anlagen.

10.1. DYNAMISCHES USV-SYSTEM

Der prinzipielle Aufbau einer rotierenden USV-Anlage ist aus der Abbildung 30 ersichtlich.

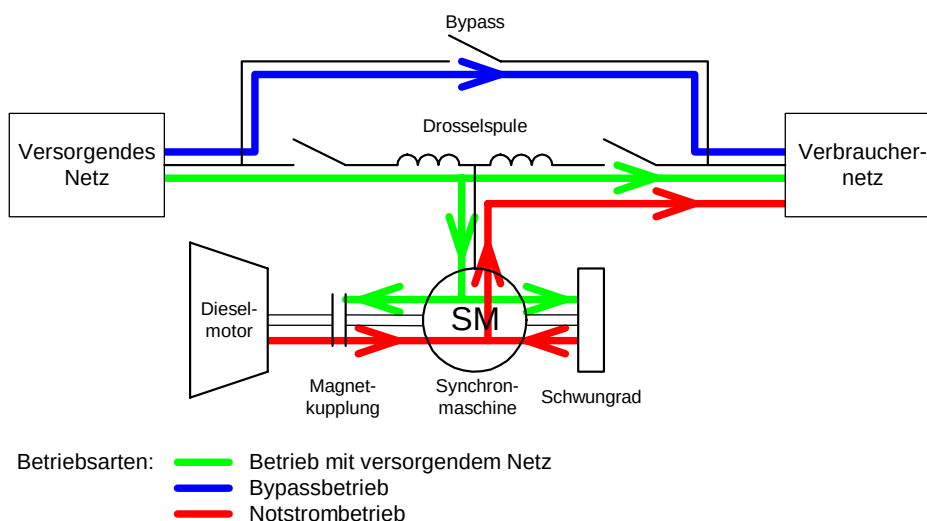


Abbildung 30:
Prinzipieller Aufbau einer
rotierenden USV-Anlage und
mögliche Betriebsarten

Die Synchronmaschine wird über die Drosselspule parallel zum Netz geschaltet und treibt das Schwungrad an, welches die kinetische Energie speichert. Mittels der Elektromagnetkupplung wird der Dieselmotor bei einem Netzausfall mit der Synchronmaschine gekuppelt und treibt diese beim Startvorgang unterstützend an.

Besteht eine Versorgung ab dem Netz, so werden die Verbraucher direkt über die Drosselspule mit elektrischer Energie versorgt. Die Synchronmaschine wird dabei annähernd im Leerlauf betrieben, d.h. sie muss lediglich das Schwungrad auf der Nenndrehzahl halten. Sehr kurze Netzein- oder -unterbrüche bis ungefähr 50 ms werden durch die Synchronmaschine und das Schwungrad überbrückt, ohne dass der Dieselmotor gestartet werden muss. Die Kombination der Drosselspule mit der Reaktanz der Synchronmaschine wirkt als Filter für Störungen aus dem versorgenden Netz und dem Verbrauchernetz.

Kurze Netzein- oder Netzünterbrüche werden von der Schwungmasse des Systems ausgeglichen.

Bei einem Netzausfall übernimmt zuerst die Schwungmasse die Energieversorgung und anschliessend der Dieselmotor.

Bei einem Netzausfall wird die kinetische Energie des Schwungrades benutzt, um die Versorgung der Verbraucher während der Umschaltphase von 2 bis 3 Sekunden aufrecht zu halten und um den mittels Batterie gestarteten Dieselmotor nach dem Schliessen der Magnetkupplung auf die Nenndrehzahl zu beschleunigen. Anschliessend übernimmt der Dieselmotor die Langzeitversorgung der Verbraucher.

Nach einer stabilen Wiederkehr des versorgenden Netzes wird die Synchronmaschine mit dem Netz synchronisiert und wieder parallel zum Netz geschaltet. Der Dieselmotor reduziert die Leistung und wird nach dem Öffnen der Magnetkupplung ausgeschaltet. Die rotierende USV-Anlage befindet sich somit wieder in Bereitschaft, um kurz- oder langzeitige Netzstörungen zu überbrücken.

Bypass zur Anlagenüberbrückung bei Wartung und Störungen.

Im Bypassbetrieb kann die rotierende USV-Anlage umgangen werden, sei dies bei einer Freischaltung für die Wartung oder bei einer internen Störung der rotierenden USV-Anlage. Die Umschaltung auf den Bypass und wieder zurück auf die USV-Anlage erfolgt netzsynchron und unterbrechungsfrei.

Das Dieselaggregat kann zur Reduktion der Leistungsspitze beitragen.

Zu Spitzenlastzeiten kann das Dieselaggregat parallel zum Netz betrieben werden, um die Bezugsleistung ab dem versorgenden Netz zu reduzieren. Diese Betriebsart kann allenfalls abhängig von den lokalen Luftreinhaltevorschriften nur beschränkt möglich sein.

Rotierende USV-Anlagen weisen eine hohe Überlastbarkeit und eine problemlose Kurzschlussbehandlung auf.

Rotierende USV-Anlagen weisen eine hohe Überlastbarkeit im Minutenbereich auf. Die Kurzschlussströme liegen bei rotierenden USV-Anlagen über dem 10-fachen Nennstrom, womit ein sicheres Abschalten von Kurzschlüssen im verbrauchernetz unproblematisch ist.

10.2. DYNAMISCHE ENERGIESPEICHERUNG

Schwungräder können als leistungsstarke Energiespeicher zur Überbrückung von kurzen Netzein- und Netzunterbrüchen eingesetzt werden.

Müssen USV-Anlagen lediglich Netzeinbrüche und Netzunterbrüche im Sekundenbereich überbrücken und ist zudem kurzzeitig eine grosse Leistung gefordert, so beschränkt sich die Energiebereitstellung auf die im Schwungrad gespeicherte Energie, d.h. ein Dieselaggregat ist nicht erforderlich. Die Netzankopplung des rotierenden Energiespeichers kann dabei auf die selbe Art wie bei dem zuvor beschriebenen dynamischen USV-System oder mittels Komponenten der Leistungselektronik erfolgen.

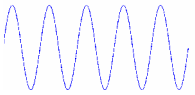
Schwungräder können somit als Alternative zu Batteriespeicher eingesetzt werden, wenn mit der USV-Anlage lediglich kurzzeitige Netzein- oder Netzunterbrüche überbrückt werden müssen. Wobei kurzzeitig eine grosse Leistung bezogen werden kann.

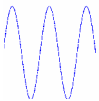
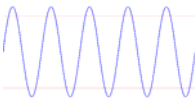
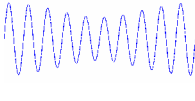
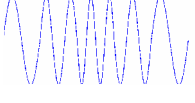
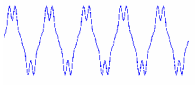
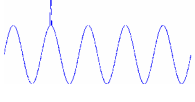
ANHANG

- Anhang 1: Checkliste zum versorgenden Netz
- Anhang 2: Checkliste der Verbraucher
- Anhang 3: Oberschwingungsbeurteilung (Kurzfassung)
(VSE-Empfehlung 2.72d-97; Beiblatt B)
- Anhang 4: Qualitäts-/Energiamatrix

Anhang 1: Checkliste zum versorgenden Netz

Teil 1: Qualität des versorgenden Netzes

Netzspannung im Normalfall (gemäss EN 50160)		
	Während 95 % der Zeit: Spannung 230 V +/- 10 % Frequenz 50 Hz +/- 1 % Während 100 % der Zeit: Frequenz 50 Hz + 4 /- 6 %	☐ Netzspannung im Normalfall gemäss EN 50160 erfüllt

Netzstörungen		
	Art der Störung Mögliche Ursachen	Beurteilung Eintretenswahrscheinlichkeit; Grösse der Netzstörung
	Netzausfall Unwetter Transformator-, Generatorausfälle	Jederzeit möglich
	Netzunterbruch, Netzeinbruch Unwetter, Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse	Jederzeit möglich
	Über-, Unterspannung Über- und Unterbelastung des Netzes	☐ häufig $\Delta U =$ ☐ selten $\Delta U =$ ☐ nie
	Spannungsschwankungen Grosse Laständerungen	☐ häufig $\Delta U =$ ☐ selten $\Delta U =$ ☐ nie
	Frequenzschwankungen Selten im europäischen UCTE-Netz Möglich im Inselbetrieb (z.B. beim Einsatz von Netzersatzanlagen)	☐ Kein Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta F$ ist vernachlässigbar ☐ Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta F =$
	Spannungsverzerrungen Oberwellen durch Gleich- und Wechselrichter Getaktete Netzteile	Abhängig von anderen Verbrauchern; Spannungsklirrfaktor $K_U =$
	Spannungsspitzen Blitzeinschläge, Schalthandlungen Kurzschlüsse, Gleich und Wechselrichter	Jederzeit möglich; Schnelle Transiente (IEC 61000 4-4) $U_{Peak} =$ Energiereiche Transiente (IEC 61000 4-5) $U_{Peak} =$

Netzkurzschlussleistung S_{KV} am Anschlusspunkt

$S_{KV} =$

Anhang 1: Checkliste zum versorgenden Netz

Teil 2: Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher

Minimaler Leistungsfaktor $\lambda_{\min} =$

Emissionsgrenzwerte für einzelne Oberschwingungsströme I_v

v	3	5	7	11	13	17	19	> 19
p_v	6 (18)*	15	10	5	4	2	1.5	1
I_v								
$I_v / I_A = p_v / 1000 * \text{sqr} (S_{kv} / S_A)$				$S_{kv} =$ Netzkurzschlussleistung am Anschlusspunkt				
				$S_A =$ Anschlussleistung der Verbraucher				
				$I_A =$ Strombezugsgrösse bei S_A				
				*) Der zwischen den Klammern gesetzte Wert gilt für den Neutralleiter				

Emissionsgrenzwert für die Gesamtheit aller Oberschwingungsströme THDi_A

$$\text{THDi}_A = \text{sqr}(\sum_{v=2}^{40} I_v^2) / I_A \leq 0.02 * \text{sqr} (S_{kv} / S_A) =$$

Anhang 2: Checkliste der Verbraucher

Teil 2: Qualität der Verbraucher

Verbraucher	Ref.-Nr.	Leistung (VA)	GL-Faktor (Gleichzeitigkeit)	Leistungsbezug			Leistung der Oberschwingungserzeuger *)		
				Leistungs- faktor λ	Wirkleistung (W)	Blindleistung gesamt inkl. Oberschwing- ungen (Var)	Keine Berücksichtigung THDi < 105% (ja/nein)	Gruppe 1 10% <= THDi <= 25% (VA)	Gruppe 2 THDi > 25% (VA)
Total Verbraucher		S_A =		λ =				S_{Gr.1} =	S_{Gr.2} =
							Leistung der Oberschwingungserzeuger S_{Os} S_{Os} = 0.5 * S_{Gr.1} + S_{Gr.2} =		
							Oberschwingungslastanteil S_{Os} / S_A =		

*) THDi = Gesamtüberschwingungsgehalt des Stromes eines einzelnen Verbrauchers

Anhang 3: Oberschwingungsbeurteilung

(Kurzfassung der VSE-Empfehlung 2.72d-97; Beiblatt B)

Nachdem die Daten der Kundenanlage erfasst worden sind, erfolgt die Beurteilung in drei Schritten:

1. Leistungsverhältnis S_{KV} / S_A (Schritt 1)

Eine weitergehende Anschlussbeurteilung kann entfallen, wenn das Verhältnis Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt S_{KV} zu Anschlussleistung der Kundenanlage S_A der zutreffenden Bedingung genügt:

Niederspannung:	$S_{KV} / S_A \geq 150$
Mittelspannung:	$S_{KV} / S_A \geq 300$

2. Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A (Schritt 2)

Die Oberschwingungslast S_{OS} der Kundenanlage umfasst neben den neu anzuschliessenden Oberschwingungserzeugern auch die bereits vorhandenen. Die Einteilung geschieht in zwei Gruppen, entsprechend dem Oberschwingungsgehalt des Stromes:

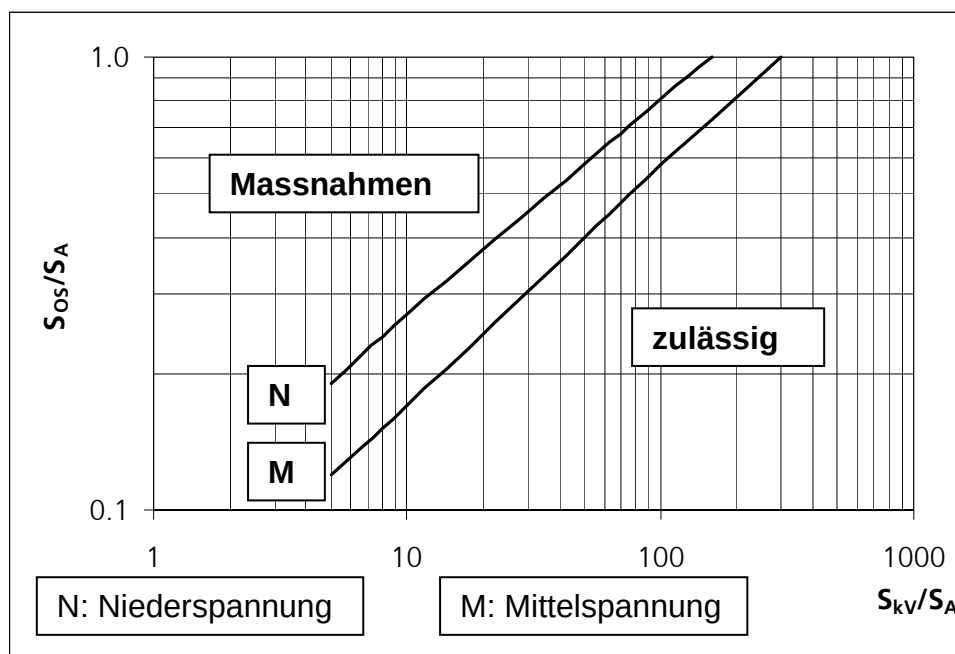
- Gruppe 1:** Hierzu gehören Stromrichter mit Pulszahlen ≥ 12 , Leuchtstofflampen und andere Gasentladungslampen mit induktivem Vorschaltgerät.
- Gruppe 2:** Zu dieser Gruppe gehören 6-pulsige Stromrichter, Drehstromsteller, Inverterschweissgeräte, elektronisch geregelte Wechselstrommotoren, Dimmer, TV-Geräte, Computer einschliesslich Peripheriegeräte, Kompaktleuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät und Geräte der Unterhaltungselektronik.

Die Leistungen aller Oberschwingungserzeuger sind unter Berücksichtigung der zu erwartenden Gleichzeitigkeit je Gruppe zu $S_{Gr.1}$ bzw. $S_{Gr.2}$ zusammenzufassen. Bei der Summenbildung wird zwischen Leistungsangaben in kW und kVA nicht unterschieden. Den wirksamen Oberschwingungslastanteil erhält man schliesslich aus:

$$S_{OS}/S_A = (0.5 \cdot S_{Gr.1} + S_{Gr.2}) / S_A$$

3. Bewertung des Oberschwingungslastanteils S_{OS} / S_A (Schritt 3)

Die Bewertung der Kundenanlage hinsichtlich Oberschwingungen erfolgt mit Hilfe des folgenden Diagramms:



Zunächst wird im Diagramm jene Stelle markiert, die durch die zuvor ermittelten Werte für das Leistungsverhältnis S_{kV} / S_A und den Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A festgelegt ist.

Für die anschliessende Bewertung ist die Lage dieser Stelle in bezug auf die zutreffende Kurve massgebend. Je nachdem in welcher Spannungsebene sich der Verknüpfungspunkt befindet, kommt entweder die Kurve für die Niederspannung oder jene für die Mittelspannung zur Anwendung:

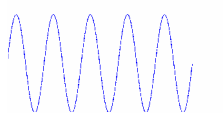
- Wenn die markierte Stelle im Bereich unterhalb der Kurve liegt, sind keine Massnahmen erforderlich. Das Gerät oder die Anlage kann in der geplanten Form angeschlossen werden.
- Befindet sich hingegen die markierte Stelle im Bereich oberhalb der Kurve, dann sind Massnahmen zur Begrenzung der Oberschwingungen notwendig.

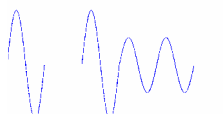
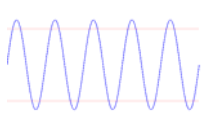
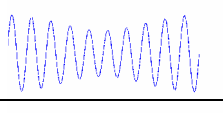
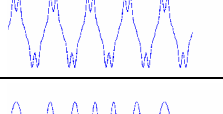
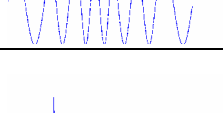
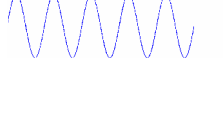
Einsatz von USV-Anlagen

Q/E-Matrix

USV - Typ:	Nennwirkleistung (P_{Nenn}):
Hersteller:	Nennscheinleistung (S_{Nenn}):

Netzspannung im Normalfall (U_{NORM} gemäss EN 50160)

	Spannung Frequenz	230 V +/- 10 % 50 Hz +/- 1.0 %
---	----------------------	-----------------------------------

Netzstörungen (Eingang)		Störungsbehebung (Ausgang)			
	Art der Störung (Messverfahren) Bereich	Normalbetrieb über USV		Normalbetrieb über Bypass (vor der Netzstörung)	
		U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}	U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}
	Netzausfall (Kap. 2) $t_{\text{UE}} > 1 \text{ s}$	ja/nein		ja/nein	
	Netzunterbruch, Netzeinbruch (Kap. 4.1, 4.5 – 4.7) $t_{\text{UE}} < 1 \text{ s}$	ja/nein		ja/nein	
	Über-, Unterspannung (Kap. 3.1 – 3.4) $\Delta U_E = \pm 10 \%$ $\Delta U_E = \pm 25 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsschwankungen (Kap. 4.1 – 4.4) $\Delta U_E = -30 \%$ $\Delta U_E = -60 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsverzerrungen (Kap. 5) Störpegel der Klasse 3 Gemäss IEC 61000-4-13	ja/nein		ja/nein	
	Frequenzschwankungen (Kap. 3.1; 3.5 – 3.7) $\Delta f_{\text{ESprung}} = \pm 10 \%$ $\Delta f_{\text{Ekont}} = \pm 10 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsspitzen (Kap. 6 & 7) schnelle Transiente gemäss IEC 61000-4-4	ja/nein		ja/nein	
	energiereiche Transiente gemäss IEC 61000-4-5	ja/nein		ja/nein	

Legende:

U_{NORM} Normspannung gemäss EN 50160
(230 V +/- 10 %; 50 Hz +/- 1.0 %)

P_{Nenn} Max. Dauerausgangswirkleistung
bei linearer, ohmscher Belastung

S_{Nenn} Max. Dauerausgangsscheinleistung
bei nichtlinearer Belastung gemäss EN/IEC 62040-3

Last:

50 %, lineare, ohmsche Last
Die Messung der Spannungsspitzen erfolgt bei 50 %, linearer,
ohmscher Last oder bei einer Belastung von max. 16 A / Phase
bei USV-Anlagen mit einer Leistung grösser als 20 kVA

Einsatz von USV-Anlagen

Q/E-Matrix

Netzurückwirkungen im Normalbetrieb am Eingang bei 230 V

(Messverfahren Kap. 9)

Betrieb über USV			Lasten am Ausgang
Leistungsfaktor	Klirrfaktor des Eingangsstromes	Stromspektrum Referenznummer	
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % linearer, ohmscher Last (P_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3 (S_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda =$)
$\lambda =$	$k =$ %		bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3
Betrieb über Bypass			Lasten am Ausgang
Leistungsfaktor	Klirrfaktor des Eingangsstromes	Stromspektrum Referenznummer	
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % linearer, ohmscher Last (P_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3 (S_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda =$)
$\lambda =$	$k =$ %		bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3

Verluste und Wirkungsgrade im Normalbetrieb

(Eingangsspannung $U_E = 230 \text{ V} \pm 10 \%$)

(Messverfahren Kap. 10)

Betrieb über USV								
Leistung	Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über USV mit							
	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3		max. Ausgangsstrom ($\lambda =$)		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss EN/IEC 62040-3	
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%
75 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby-Verluste: W bei $U_A = 230 \text{ V}$ und $I_A = 0 \text{ A}$								
Betrieb über Bypass								
Leistung	Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über Bypass mit							
	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss EN/IEC 62040-3		max. Ausgangsstrom ($\lambda =$)		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss EN/IEC 62040-3	
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%
75 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby-Verluste: W bei $U_A = 230 \text{ V}$ und $I_A = 0 \text{ A}$								

März 2005

Checkliste für die Ausschreibung von USV-Anlagen

Funktionale Musterausschreibung

ausgearbeitet durch

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

Diese Checkliste für eine funktionale Musterausschreibung für USV-Anlagen ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Dokumentes verantwortlich.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:

www.electricity-research.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
2. Grundlagenermittlung	1
2.1. Lasten mit USV-Berechtigung.....	1
2.2. Dimensionierung der Anlage.....	2
2.3. Aufbau und Betriebsart der USV-Anlage	3
3. USV-Anlage	3
3.1. Nenndaten	3
3.2. Aufbau	4
3.3. Betriebsarten	4
3.4. Technische Daten	5
3.5. Überwachung und Steuerung	6
4. Batterie	6
5. Technische Daten	7
Anhänge zur Checkliste	7

1. EINLEITUNG

Die vorliegende Checkliste für eine funktionale Musterausschreibung für USV-Anlagen zeigt die durch den Planer durchzuführenden vorbereitenden Schritte auf und spezifiziert die geforderten Funktionen und Leistungen der USV-Anlage. Die USV-Anlage selber wird dabei als „Blackbox“ betrachtet, d.h. der interne Aufbau und die anzuwendende Technologie werden nicht spezifiziert.

2. GRUNDLAGENERMITTLUNG

Damit die USV-Anlage spezifiziert werden kann, sind durch den Planer die folgenden vorbereitenden Schritte durchzuführen.

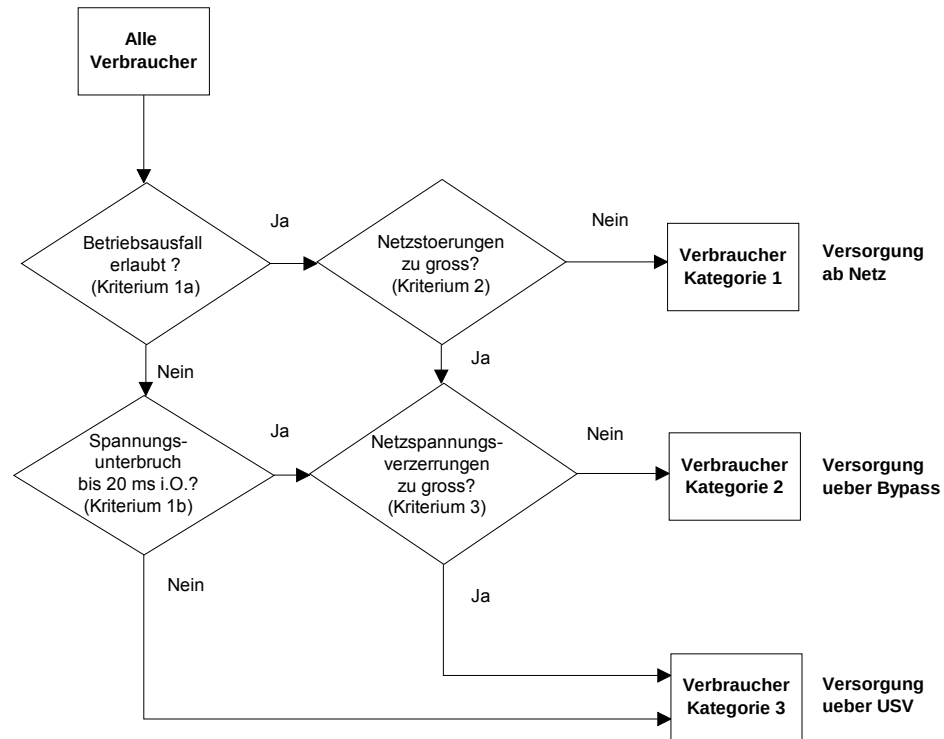
2.1. LASTEN MIT USV-BERECHTIGUNG

2.1.1. Netzqualität und Verbraucheranforderungen

- Die Netzqualität und Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher sind festzuhalten (Anhang 1).
- Die Leistungen der Verbraucher sind zu bestimmen und festzuhalten (Anhang 2). Bei der Bestimmung der Belastung ist mit dem effektiven Verbrauch der angeschlossenen Geräte und nicht mit der Typenschildleistung zu rechnen. Ebenso ist der Einsatz von energiesparenden Technologien bei den Verbrauchergeräten zu berücksichtigen. Bei der Bestimmung der Leistung sind daher Daten der neuesten Gerätegeneration zu verwenden.
- Die Verträglichkeit der Verbraucher gegenüber Netzstörungen ist abzuklären und festzuhalten (Anhang 2).
- Die Notwendigkeit einer USV-Versorgung der einzelnen Verbraucher ist zu überprüfen. Dabei sind die Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz (Anhang 2) wie auch die Anforderungen des Netzes an die Verbraucher (Anhang 1) zu berücksichtigen.
- Die Konsequenzen von Netzstörungen oder Netzunterbrüchen für den Betrieb sind abzuklären. Besteht die Möglichkeit einer Personengefährdung, von Produktionsausfällen oder von Sachschäden mit Kostenfolgen?

2.1.2. Kategorisierung der Verbraucher

Die Verbraucher müssen abhängig von den Anforderungen an das versorgende Netz kategorisiert werden. Dabei werden die Verbraucher gemäss dem folgenden Schema in die drei Kategorien „Versorgung ab Netz“, „Versorgung über Bypass“ und „Versorgung über USV“ eingeteilt.



Ablauf der Verbraucher kategorisierung

Die Zuordnung einzelnen Verbraucher ist allenfalls aufgrund der Anforderungen des Netzes zu korrigieren.

2.2. DIMENSIONIERUNG DER ANLAGE

2.2.1. Dimensionierung der USV-Anlage

- Die zu erwartende Belastung der USV-Anlage ist ohne jede Leistungsreserve festzulegen. Abschaltbare Verbraucher sind bei der Definition der Leistung der USV-Anlage zu berücksichtigen.
- Der Gleichzeitigkeitsfaktor, der das parallele Aufschalten aller vorhandenen Geräte ausdrückt, ist besonders genau zu eruieren und in die Gesamtleistung mit einzubeziehen (Anhang 2: Teil 2)
- Die durch einen allfälligen Ausbau des Betriebes zu erwartende zusätzliche Leistung ist separat zu erheben.
- Ist auf Grund der Anforderung der Verbraucher eine Netzersatzanlage erforderlich, so muss die USV-Anlage auf die vorgeschaltete Netzersatzanlage ausgelegt werden.

2.2.2. Dimensionierung der Batterien

- Die Kapazität der Batterien der USV-Anlage ist zu minimieren, um Investitions-, Wartungs- und Entsorgungskosten zu reduzieren. Dazu muss abgeklärt werden, in welcher Zeit laufende Prozesse geordnet abgeschaltet werden können.
- Der Einsatz einer Netzersatzanlage kann die notwendige Batteriekapazität ebenfalls reduzieren.

2.3. AUFBAU UND BETRIEBSART DER USV-ANLAGE

Die Kategorisierung der Verbraucher, die Verbraucherleistungen und die angestrebte Verfügbarkeit der Versorgung haben einen Einfluss auf den Aufbau und die Betriebsart der USV-Anlage.

- Kann eine „Geradeaus Anlage“ installiert werden, die abhängig von der Verbraucherkategorisierung über Bypass oder über den USV-Pfad betrieben wird?
- Sind zwei getrennte USV-Anlagen erforderlich, wobei die eine über den USV-Pfad und die andere über Bypass betrieben wird?
- Ist zur Erhöhung der Versorgungssicherheit eine redundante Parallelanlage erforderlich?
- Ist aufgrund von zukünftigen Leistungserhöhungen und zur Erhöhung der Versorgungssicherheit ein modular erweiterbarer (n+1)-Aufbau erforderlich?

3. USV-ANLAGE

Basierend auf den durch den Planer ermittelten Grundlagen zur USV-Anlage kann eine funktionale Ausschreibung erstellt werden.

In der folgenden Checkliste für die funktionale Musterausschreibung werden die projektspezifischen Beispielwerte *kursiv* dargestellt. Projektspezifisch unterschiedliche Funktionen werden durch ein kursiv geschriebenes „ – oder – „ getrennt dargestellt.

3.1. NENNDATEN

- Nennleistung P_{Nenn} : *100 kW*
 P_{Nenn} = Max. Dauerausgangswirkleistung bei linearer, ohmscher Belastung
- Nennscheinleistung S_{Nenn} : *120 kVA*
 S_{Nenn} = Max. Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss EN/IEC 62040-3
- Frequenz f : *50 Hz*
- Ausgangsspannung U_A : *3 x 400 V AC*
- oder -
230 V AC

3.2. AUFBAU

3.2.1. Einblockanlage oder modularer Aufbau

Die USV-Anlage ist als Einblockanlage ohne Redundanz und Reserve zu realisieren.

- oder -

Die USV-Anlage ist gemäss folgender Definition modular aufgebaut:

- Modularer Aufbau mit (n+1) Modulen: *(3+1) Module*
 Dabei muss mit n Modulen P_{Nenn} und S_{Nenn} erreicht werden.
 Die USV-Anlage bleibt auch beim Ausfall einzelner beliebiger Module mit allenfalls reduzierter Leistung betriebsfähig.
- Für weitere Module mit gleicher Leistung ist Reserveplatz bereitzustellen: *Reserveplatz für 2 Module*
- Die Module können während dem Betrieb der USV-Anlage ausgetauscht werden (Hot-Swap): *Ja*

3.2.2. Zusatzeinrichtungen

Die USV-Anlage ist mit folgenden Zusatzeinrichtungen auszurüsten:

- Elektronischer Bypass: *Ja*
- Wartungs-Bypass: *Ja*
- Eingangstrenntransformator: *Nein*
- Ausgangstrenntransformator: *Nein*

3.3. BETRIEBSARTEN

Der Betrieb der USV-Anlage ist mit folgenden Betriebsarten möglich:

- Betrieb über USV-Pfad: *Ja*
 Im Normalbetriebszustand fliesst die Energie vom Netz über den USV-Pfad zu den ab der USV versorgten Verbraucher. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.
 Bei Netzausfall und Netzstörungen erfolgt die Versorgung der Verbraucher ab der Batterie.
- Energiesparbetrieb über elektronischen Bypass: *Ja*
 Im Normalbetriebszustand fliesst die Energie vom Netz über den elektronischen Bypass zu den ab der USV versorgten Verbraucher. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.
 Bei Netzausfall und Netzstörungen erfolgt innerhalb von 20 ms eine Umschaltung vom Betrieb über den elektronischen Bypass auf den Betrieb über den USV-Pfad, so dass die Verbraucher nach erfolgter Umschaltung ab der Batterie versorgt werden.
- Wartung: *Ja*
 Für Wartungsarbeiten kann die USV-Anlage manuell auf den Wartungs-Bypass umgeschaltet werden. Dadurch wird ein Teil der USV-Anlage umgangen und kann spannungslos geschaltet werden.

3.4. TECHNISCHE DATEN

Die USV-Anlage muss die eingangsseitigen Netzstörungen gemäss der Q/E-Matrix (Anhang 3) beheben, so dass diese am Ausgang der USV-Anlage auf Werte reduziert werden, die innerhalb der Normspannung gemäss EN 50160 liegen.

Die Netzurückwirkungen am Eingang der USV-Anlage sind für die unterschiedlichen Lasten gemäss der Q/E-Matrix anzugeben. Diese Netzurückwirkungen dürfen die Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher (Anhang 1; Teil 2) nicht überschreiten.

Die gemessenen und garantierten Verluste und Wirkungsgrade der USV-Anlage sind für die unterschiedlichen Lasten gemäss der Q/E-Matrix anzugeben. Diese Wirkungsgrade und Verluste dürfen die folgenden Werte nicht überschreiten:

- Gesamtwirkungsgrad AC / AC bei Betrieb über den USV-Pfad und geladener Batterie mit linearer, ohmscher
 - 100 % Last > 92.5 %
 - Teillast 75 % > 92.5 %
 - Teillast 50 % > 92.5 %
 - Teillast 25 % > 90.0 %
- Standby-Verluste bei Betrieb über den USV-Pfad: < 1.5 kW
 Die Standby-Verluste entsprechen den Verlusten der USV-Anlage, bei geladener Batterie, Nennspannung am Ausgang und einem Ausgangsstrom $I_A = 0$ A.
- Gesamtwirkungsgrad AC / AC bei Betrieb über den elektronischen Bypass und geladener Batterie mit linearer, ohmscher
 - 100 % Last > 98.0 %
 - Teillast 50 % > 98.0 %
- Standby-Verluste bei Betrieb über den USV-Pfad: < 1.5 kW
 Die Standby-Verluste entsprechen den Verlusten der USV-Anlage, bei geladener Batterie, Nennspannung am Ausgang und einem Ausgangsstrom $I_A = 0$ A.

Die USV-Anlage muss folgende Überlastbarkeit erfüllen:

- Überlastbarkeit bei Betrieb über den USV-Pfad
 - während 1 Minute 200 %
 - während 10 Minuten 125 %
- Überlastbarkeit bei Betrieb über den elektronischen Bypass
 - während 1 Sekunde 1000 %
 - während 10 Sekunden 250 %

Im Weiteren gelten folgende Umgebungsbedingungen und Anforderungen für die USV-Anlage:

- Betriebstemperatur: *0 °C bis 40 °C*
- Luftfeuchtigkeit: *0 % bis 95 %*
nicht kondensierend
- Geräuschpegel im Abstand von 1 m: *< 55 dB*
- Batterietest *Ja*
- Max. Batterieladestrom: *< 5 A*
Bei gleichzeitiger 100 %-iger Belastung der USV-Anlage
- Batterieladegerät *Rippel < 5 %*
- Schutz vor Batterietiefentladung inkl. automatischer Batterieüberwachung: *Ja*

3.5. ÜBERWACHUNG UND STEUERUNG

Zur Überwachung und Steuerung der USV-Anlage sind die folgenden Komponenten enthalten:

- Überwachungs- und Bedieneinheit auf der USV-Anlage: *Ja*
- Server Shut-down Funktion *Ja*
- Kommunikationsschnittstelle: *Ethernet*
 - Schnittstelle dient zur Fernabfrage und Weiterleitung von Systeminformationen, wie Statusmeldungen, Messwerte, Ereignisprotokollen usw. *Ja*
 - Schnittstelle dient zur Fernbedienung der USV-Anlage. *Ja*
- Potentialfreie Relaiskontakte: *16 Stück*
Relaiskontakte (230 V, 2 A) zur hardwaremässigen Abfrage von Statusmeldungen, wie Betriebsart, Störungen der USV-Anlage, Zustand des versorgenden Netzes, Zustand der Batterien, usw.

4. BATTERIE

- Batterietyp *wartungsfreie Batterien*
- Batterieautonomiezeit *30 Min.*
bei $S_{\text{Nenn}} = 120 \text{ kVA}$ und $\cos \varphi = 0.8$
- Platzierung der Batterieanlage: *auf Gestell,*
extern USV-Schrank
- Minimale Lebenserwartung der Batterien bei einer Umgebungstemperatur von maximal 25 °C: *5 Jahre*

5. TECHNISCHE DATEN

Mit dem Angebot für die USV-Anlage sind folgende technischen Daten einzureichen:

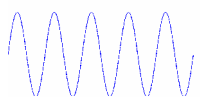
- Beschreibung der angebotenen USV-Anlage
- Datenblatt der angebotenen USV-Anlage
- Vollständig mit verbindlichen Daten ausgefüllt Q/E-Matrix (Q/E-Matrix siehe Anhang 3)
- Datenblatt zur angebotenen Batterieanlage

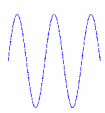
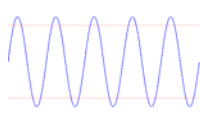
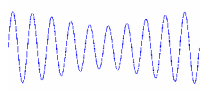
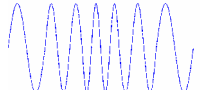
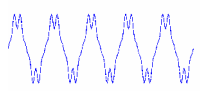
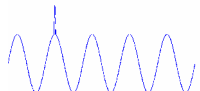
ANHÄNGE ZUR CHECKLISTE

- Anhang 1: Checkliste zum versorgenden Netz
- Anhang 2: Checkliste der Verbraucher
- Anhang 3: Qualitäts/Energie-Matrix (Q/E-Matrix): leeres Formular

Checkliste zum versorgenden Netz

Teil 1: Qualität des versorgenden Netzes

Netzspannung im Normalfall (gemäss EN 50160)		
	Während 95 % der Zeit: Spannung 230 V +/- 10 % Frequenz 50 Hz +/- 1 % Während 100 % der Zeit: Frequenz 50 Hz + 4 /- 6 %	☐ Netzspannung im Normalfall gemäss EN 50160 erfüllt

Netzstörungen		
	Art der Störung Mögliche Ursachen	Beurteilung Eintretenswahrscheinlichkeit; Grösse der Netzstörung
	Netzausfall Unwetter Transformator-, Generatorausfälle	Jederzeit möglich
	Netzunterbruch, Netzeinbruch Unwetter, Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse	Jederzeit möglich
	Über-, Unterspannung Über- und Unterbelastung des Netzes	☐ häufig $\Delta U =$ ☐ selten $\Delta U =$ ☐ nie
	Spannungsschwankungen Grosse Laständerungen	☐ häufig $\Delta U =$ ☐ selten $\Delta U =$ ☐ nie
	Frequenzschwankungen Selten im europäischen UCPTE-Netz Möglich im Inselbetrieb (z.B. beim Einsatz von Netzersatzanlagen)	☐ Kein Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta F$ ist vernachlässigbar ☐ Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta F =$
	Spannungsverzerrungen Oberwellen durch Gleich- und Wechselrichter Getaktete Netzteile	Abhängig von anderen Verbrauchern; Spannungsklirrfaktor $K_U =$
	Spannungsspitzen Blitzeinschläge, Schalthandlungen Kurzschlüsse, Gleich und Wechselrichter	Jederzeit möglich; Schnelle Transiente (IEC 61000 4-4) $U_{Peak} =$ Energiereiche Transiente (IEC 61000 4-5) $U_{Peak} =$

Netzkurzschlussleistung S_{KV} am Anschlusspunkt

$S_{KV} =$

Checkliste zum versorgenden Netz

Teil 2: Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher

Minimaler Leistungsfaktor $\lambda_{\min} =$

Emissionsgrenzwerte für einzelne Oberschwingungsströme I_v								
v	3	5	7	11	13	17	19	> 19
p_v	6 (18)*	15	10	5	4	2	1.5	1
I_v								
$I_v / I_A = p_v / 1000 * \text{sqr}(S_{kv} / S_A)$				S_{kv} = Netzkurzschlussleistung am Anschlusspunkt = S_A = Anschlussleistung der Verbraucher = I_A = Strombezugsgrösse bei S_A = *) Der zwischen den Klammern gesetzte Wert gilt für den Neutralleiter				

Emissionsgrenzwert für die Gesamtheit aller Oberschwingungsströme THDi_A
$\text{THDi}_A = \text{sqr}(\sum_{v=2}^{40} I_v^2) / I_A \leq 0.02 * \text{sqr}(S_{kv} / S_A) =$

Checkliste der Verbraucher

Teil 1: Anforderung der Verbraucher an das versorgende Netz

[illegible]

Checkliste der Verbraucher

Teil 2: Qualität der Verbraucher

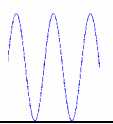
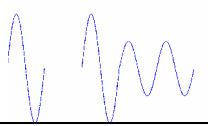
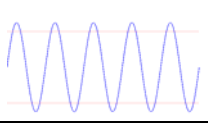
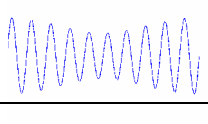
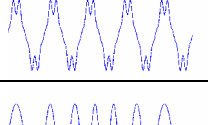
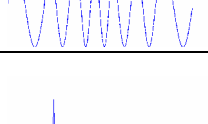
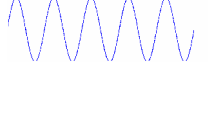
Verbraucher	Ref.-Nr.	Leistung (VA)	GL-Faktor (Gleichzeitigkeit)	Leistungsbezug			Leistung der Oberschwingungserzeuger *)		
				Leistungs- faktor λ	Wirkleistung (W)	Blindleistung gesamt inkl. Oberschwing- ungen (Var)	Keine Berücksichtigung THDi < 105% (ja/nein)	Gruppe 1 10% <= THDi <= 25% (VA)	Gruppe 2 THDi > 25% (VA)
Total Verbraucher		S_A =		λ =				S_{Gr.1} =	S_{Gr.2} =
							Leistung der Oberschwingungserzeuger S_{OS} S_{OS} = 0.5 * S_{Gr.1} + S_{Gr.2} =		
							Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A =		

*) THDi = Gesamtüberschwingungsgehalt des Stromes eines einzelnen Verbrauchers

Bundesamt für Energie
Einsatz von USV-Anlagen
Q/E-Matrix

USV - Typ:	Nennwirkleistung (P_{Nenn}):
Hersteller:	Nennscheinleistung (S_{Nenn}):
Aufbau:	Klassifikations-Code:

Netzspannung im Normalfall (U_{NORM} gemäss EN 50160)	Ausgangsspannung der USV-Anlage
 Spannung 230 V +/- 10 % Frequenz 50 Hz +/- 1.0 %	Die Ausgangsspannung der USV-Anlage muss bei allen Betriebsarten innerhalb U_{NORM} liegen. Die Betriebsarten sind Normalbetrieb, Bypass-Betrieb und Betrieb ab Batterie.

Netzstörungen (Eingang)		Störungsbehebung (Ausgang)			
Art der Störung (Messverfahren) Bereich		Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)		Bypass-Betrieb (Betrieb vor der Netzstörung über den Bypass)	
		U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}	U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}
	Netzausfall (Kap. 2) $t_{\text{UE}} > 1 \text{ s}$	ja/nein		ja/nein	
	Netzunterbruch, Netzeinbruch (Kap. 4.1, 4.4 – 4.5) $t_{\text{UE}} < 1 \text{ s}$	ja/nein		ja/nein	
	Über-, Unterspannung (Kap. 3.1 – 3.3) $\Delta U_E = \pm 10 \%$ $\Delta U_E = \pm 25 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsschwankungen (Kap. 4.1 – 4.3) $\Delta U_E = -30 \%$ $\Delta U_E = -60 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsverzerrungen (Kap. 5) Störpegel der Klasse 3 Gemäss IEC 61000-4-13	ja/nein		ja/nein	
	Frequenzschwankungen (Kap. 3.1; 3.4 – 3.5) $\Delta f_{\text{ESprung}} = \pm 10 \%$ $\Delta f_{\text{Ekont}} = \pm 10 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsspitzen (Kap. 6 & 7) schnelle Transiente gemäss IEC 61000-4-4	ja/nein		ja/nein	
	energiereiche Transiente gemäss IEC 61000-4-5	ja/nein		ja/nein	

Legende:

U_{NORM} Normspannung gemäss EN 50160
 (230 V +/- 10 %; 50 Hz +/- 1.0 %)
 P_{Nenn} Max. Dauerausgangswirkleistung
 bei linearer, ohmscher Belastung
 S_{Nenn} Max. Dauerausgangsscheinleistung
 bei nichtlinearer Belastung gemäss EN/IEC 62040-3

Aufbau und Klassifikations-Code:
gemäss IEC 62040-3**Last:**

100 %, lineare, ohmsche Last oder 100 % lineare Scheinlast
 Die Messung der Spannungsspitzen erfolgt bei 100 %, linearer,
 Scheinlast oder bei einer Belastung von max. 16 A / Phase
 bei USV-Anlagen mit einer Leistung grösser als 20 kV A

Bundesamt für Energie
Einsatz von USV-Anlagen
Q/E-Matrix

Netzurückwirkungen im Normalbetrieb am Eingang bei 230 V (Messverfahren Kapitel 8)			
Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)			Lasten am Ausgang
Leistungsfaktor	Klirrfaktor des Eingangsstromes	Stromspektrum Referenznummer	
$\lambda =$	k = %		bei 100 % linearer, ohmscher Last (P_{Nenn})
$\lambda =$	k = %		bei 100 % nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3 (S_{Nenn})
$\lambda =$	k = %		bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda =$)
$\lambda =$	k = %		bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss EC 62040-3
Bypass-Betrieb (Betrieb über den Bypass)			Lasten am Ausgang
Leistungsfaktor	Klirrfaktor des Eingangsstromes	Stromspektrum Referenznummer	
$\lambda =$	k = %		bei 100 % linearer, ohmscher Last (P_{Nenn})
$\lambda =$	k = %		bei 100 % nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3 (S_{Nenn})
$\lambda =$	k = %		bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda =$)
$\lambda =$	k = %		bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3

Verluste und Wirkungsgrade im Normalbetrieb (Eingangsspannung $U_E = 230 \text{ V} \pm 10 \%$) (Messverfahren Kapitel 9)								
Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)								
Leistung	Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über USV mit							
	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3		max. Ausgangsstrom ($\lambda =$)		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss IEC 62040-3	
25 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%
75 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby-Verluste: W bei $U_A = \text{Nennspannung}$ und $I_A = 0 \text{ A}$								
Bypass-Betrieb (Betrieb über den Bypass)								
Leistung	Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über Bypass mit							
	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3		max. Ausgangsstrom ($\lambda =$)		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss IEC 62040-3	
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby-Verluste: W bei $U_A = \text{Nennspannung}$ und $I_A = 0 \text{ A}$								

März 2005

Checkliste für die Ausschreibung von kleinen USV-Anlagen

Funktionale Musterausschreibung

ausgearbeitet durch

Dr. G. Schnyder, P. Mauchle
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

Diese Checkliste für eine funktionale Musterausschreibung für USV-Anlagen ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Dokumentes verantwortlich.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:

www.electricity-research.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	1
2.	Vorbereitende Abklärungen	1
2.1.	Funktionen der USV-Anlagen	1
2.2.	Anforderungen der Verbraucher	1
2.3.	Dimensionierung der Anlage	3
2.4.	Aufbau und Betriebsart der USV-Anlage	4
3.	Spezifikation der USV-Anlage.....	5
3.1.	Nenndaten	5
3.2.	Aufbau	5
3.3.	Betriebsarten	6
3.4.	Technische Daten	6
3.5.	Überwachung und Steuerung	8
4.	Batterie	8
5.	Technische Daten	8

1. EINLEITUNG

Die vorliegende Checkliste für eine funktionale Musterausschreibung für kleine USV-Anlagen zeigt die Abklärungen auf, die die Anwender von kleinen USV-Anlagen durchführen müssen, um die benötigte USV-Anlage bestimmen zu können. Zudem wird die Spezifikation für kleine USV-Anlagen aufgezeigt. Die USV-Anlage selber wird dabei als „Blackbox“ betrachtet, d.h. der interne Aufbau und die anzuwendende Technologie werden nicht im Detail spezifiziert.

2. VORBEREITENDE ABKLÄRUNGEN

Damit die USV-Anlage spezifiziert werden kann, sind durch den Anwender die folgenden vorbereitenden Abklärungen durchzuführen.

2.1. FUNKTIONEN DER USV-ANLAGEN

USV-Anlagen stellen bei einem Netzausfall die Energieversorgung für die angeschlossenen Verbraucher sicher und schützen die Verbraucher vor Netzstörungen wie Netzeinbrüche, Spannungsschwankungen, Spannungsverzerrungen usw. Zudem reduzieren USV-Anlagen die Netzurückwirkungen der Verbraucher auf das versorgende Netz. Die Netzurückwirkungen der Verbraucher, die ab kleinen USV-Anlagen versorgt werden, sind für das versorgende Netz nicht relevant, daher muss diese Funktionalität bei kleinen USV-Anlagen nicht berücksichtigt werden. Die USV-Anlage selbst hingegen darf keine übermässigen Netzurückwirkungen aufweisen, d.h. der Eingangsstrom muss sinusförmig sein und der Leistungsfaktor muss möglichst nahe bei 1.0 liegen.

2.2. ANFORDERUNGEN DER VERBRAUCHER

2.2.1. Netzqualität und Verbraucheranforderungen

Die Funktionen, die eine USV-Anlage erfüllen muss, werden auch durch die Netzqualität bestimmt. Für eine vereinfachte Betrachtung kann die Netzqualität in die folgenden Gruppen von versorgenden Niederspannungs-Netzen unterteilt werden:

- **Städtisches NS-Netz;** Die Versorgung weist wenige Unterbrüche auf und die Netzstörungen liegen im Normalfall innerhalb der Norm EN 50160.
- **Ländliches NS-Netz;** Die Versorgung weist häufige Unterbrüche auf und die Netzstörungen liegen mit Ausnahme von gelegentlichen Spannungsschwankungen im Normalfall innerhalb der Norm EN 50160 liegen.
- **Industrie NS-Netz;** Die Versorgung entspricht einem Netz, wie es im Umfeld von Produktionsanlagen anzutreffen ist, d.h. es treten wenig Unterbrüche auf, die Netzqualität befindet sich jedoch häufig ausserhalb der Grenzwerte der Norm EN 50160.

Die Verbraucher können vereinfacht in folgende Gruppen bezüglich ihrer Anforderungen an die Verfügbarkeit des versorgenden Netzes unterteilt werden.

- Verbraucher der **Gruppe 1** werden bei einem Netzausfall abgeschaltet und können anschliessend, wenn das Netz wieder vorhanden ist, problemlos eingeschaltet werden. Mit dem Netzausfall wird der durch den Verbraucher ausgeführte Prozess wohl unterbrochen, er wird jedoch nicht nachhaltig gestört. Ein Beispiel eines solchen Verbrauchers ist ein Klimagerät.
- Verbraucher der **Gruppe 2** überstehen einen kurzen Versorgungsunterbruch bis 20 ms. Ein länger andauernder Netzunterbruch oder ein Netzausfall führt jedoch zur Beschädigung des ausgeführten Prozesses. Diese Verbraucher müssen gesteuert abgeschaltet werden, eine Kurzunterbrechung wird dank den Netzteilen, die auch als Netzpuffer dienen, überbrückt. Beispiele für solche Verbraucher sind Arbeitsplatz PC oder Server PC.
- Verbraucher der **Gruppe 3** ertragen keine Netzunterbrüche, da dadurch der Prozess nachhaltig gestört wird. Beispiele dazu sind Anlagensteuerungen mit Relais in Selbsthaltung oder Messgeräte und Versuchsreihen in Labors.

Bezüglich der Netzstörungen müssen die Verbraucher so ausgelegt sein, dass sie Netzstörungen, die sich innerhalb den Grenzwerten der Norm EN 50160 befinden, ohne funktionale Beeinträchtigung überstehen.

2.2.2. Kategorisierung der Verbraucher

Die Verbraucher müssen abhängig von der Netzqualität und den Verbrauchieranforderungen kategorisiert werden. Dabei werden die Verbraucher gemäss dem folgenden Schema in die drei Kategorien „Versorgung ab Netz“, „Versorgung über Bypass“ und „Versorgung über USV“ eingeteilt.

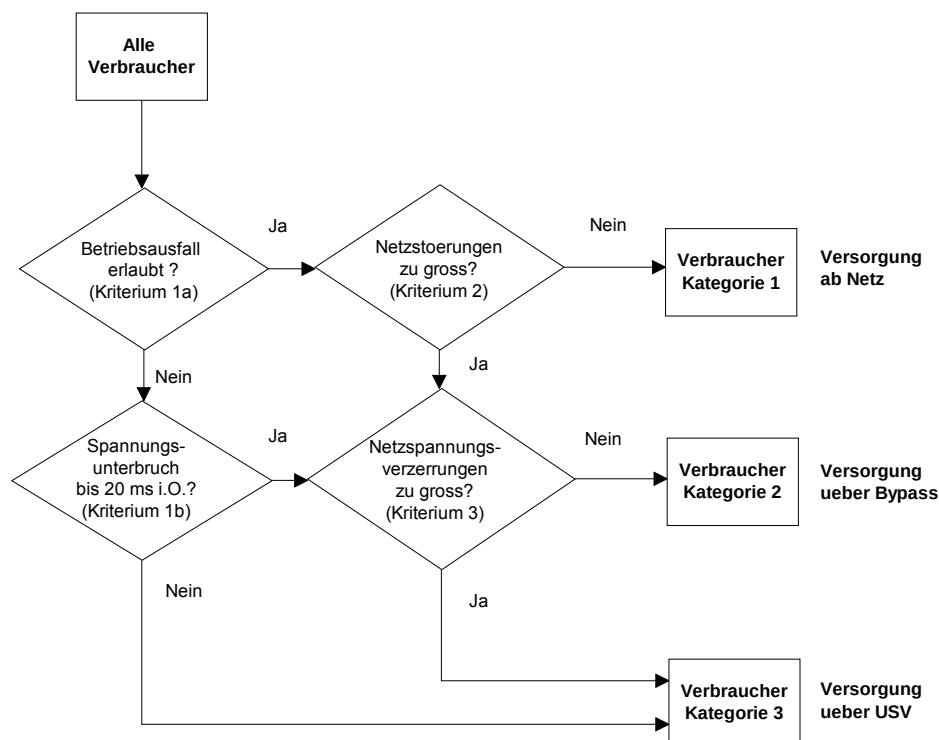


Abbildung 1: Ablauf der Verbraucherkategorisierung

Die Kategorisierung der Verbraucher erfolgt in den folgenden drei Schritten:

1. Schritt der Verbraucherkategorisierung

Verbraucher bei denen ein Betriebsausfall erlaubt ist (Gruppe 1), werden der Kategorie 1 zugeordnet (Kriterium 1a). Verbraucher der Kategorie 1 können direkt ab dem Netz versorgt werden, d.h. sie benötigen keine USV-Anlage.

Verbraucher bei denen kein Betriebsausfall erlaubt ist, die aber einen Spannungsunterbruch bis 20 ms ohne Betriebs- oder Funktionsstörung ertragen (Gruppe 2), werden der Kategorie 2 zugeordnet (Kriterium 1b). Verbraucher der Kategorie 2 können über den statischen Bypass der USV-Anlage versorgt werden. Dabei muss die USV-Anlage gewährleisten, dass bei einem Netzsunderbruch oder Netzausfall innerhalb 20 ms eine Umschaltung auf die stabile Versorgung ab Batterie erfolgt.

Alle anderen Verbraucher werden der Kategorie 3 zugeordnet. Verbraucher der Kategorie 3 müssen über den USV-Pfad der Anlage versorgt werden. Bei einem Netzsunderbruch oder Netzeinbruch erfolgt eine unterbrechungsfreie Umschaltung auf die Versorgung ab Batterie.

2. Schritt der Verbraucherkategorisierung

Verbraucher der Kategorie 1, die mit den Netzbedingungen des versorgenden Netzes, wie den möglichen Spannungsschwankungen in ländlichen NS-Netzen oder den Netzstörungen von Industrie NS-Netzen, nicht zurecht kommen und ab solchen Netzen versorgt werden, müssen der Kategorie 2 zugeordnet werden.

3. Schritt der Verbraucherkategorisierung

Verbraucher der Kategorie 2, die mit Netzstörungen wie sie in Industrie NS-Netzen auftreten, d.h. die ausserhalb den Grenzwerten der Norm EN 50160 liegen, nicht zurecht kommen und ab solchen Netzen versorgt werden, müssen der Kategorie 3 zugeordnet werden.

2.3. DIMENSIONIERUNG DER ANLAGE

2.3.1. Dimensionierung der USV-Anlage

- Bei kleinen USV-Anlagen ist abhängig von den zu versorgenden Verbrauchern festzulegen, ob eine 1-phasige oder eine 3-phasige USV-Anlage zum Einsatz kommen soll.
- Die Leistungen der Verbraucher bestimmen die grösse der USV-Anlage. Bei der Bestimmung der Belastung ist mit dem effektiven Verbrauch der angeschlossenen Geräte und nicht mit der Typenschildleistung zu rechnen. Ebenso ist der Einsatz von energiesparenden Technologien bei den Verbrauchergeräten anzustreben.
- Die zu erwartende Belastung der USV-Anlage ist ohne jede Leistungsreserve festzulegen. Abschaltbare Verbraucher sind bei der Definition der Leistung der USV-Anlage zu berücksichtigen.
- Der Gleichzeitigkeitsfaktor, der das parallele Aufschalten aller vorhandenen Geräte ausdrückt, ist in die Gesamtleistung mit einzubeziehen.
- Ist auf Grund der Anforderung der Verbraucher eine Netzersatzanlage erforderlich, so muss die USV-Anlage auf die vorgeschaltete Netzersatzanlage ausgelegt werden.

2.3.2. Dimensionierung der Batterien

- Die Kapazität der Batterien der USV-Anlage ist zu minimieren, um Investitions-, Wartungs- und Entsorgungskosten zu reduzieren. Dazu muss abgeklärt werden, in welcher Zeit laufende Prozesse geordnet abgeschaltet werden können.
- Der Einsatz einer Netzersatzanlage kann die notwendige Batteriekapazität ebenfalls reduzieren.

2.4. AUFBAU UND BETRIEBSART DER USV-ANLAGE

Die Kategorisierung der Verbraucher, die Verbraucherleistungen und die angestrebte Verfügbarkeit der Versorgung haben einen Einfluss auf den Aufbau und die Betriebsart der USV-Anlage. Folgende Fragen müssen für die Festlegung des Aufbaus und der Betriebsart durch den Anwender beantwortet werden.

- Kann die USV-Anlage abhängig von der Verbraucherkategorisierung über Bypass betrieben werden oder ist ein Betrieb über den USV-Pfad erforderlich?
- Können zwei getrennte USV-Anlagen installiert werden, wobei die eine über den USV-Pfad und die andere über Bypass betrieben wird?
- Ist zur Erhöhung der Versorgungssicherheit eine redundante Parallelanlage erforderlich?
- Ist aufgrund von zukünftigen Leistungserhöhungen und zur Erhöhung der Versorgungssicherheit ein modular erweiterbarer (n+1)-Aufbau erforderlich?

3. SPEZIFIKATION DER USV-ANLAGE

Basierend auf den durch den Anwender durchgeführten Abklärungen zur USV-Anlage kann eine funktionale Ausschreibung erstellt werden.

In der folgenden Checkliste für die funktionale Musterausschreibung werden die projektspezifischen Beispielwerte *kursiv* dargestellt. Projektspezifisch unterschiedliche Funktionen werden durch ein kursiv geschriebenes „ – oder – „ getrennt dargestellt.

3.1. NENNDATEN

- Nennleistung P_{Nenn} : 8.5 kW
 P_{Nenn} = Max. Dauerausgangswirkleistung bei linearer, ohmscher Belastung
- Nennscheinleistung S_{Nenn} : 10 kVA
 S_{Nenn} = Max. Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss IEC 62040-3
- Frequenz f : 50 Hz
- Eingangsspannung U_E : 3-phasiger Eingang 3 x 400 V AC
- oder - - oder -
1-phasiger Eingang 230 V AC
- Ausgangsspannung U_A : 3-phasiger Ausgang 3 x 400 V AC
- oder - - oder -
1-phasiger Ausgang 230 V AC

3.2. AUFBAU

3.2.1. Einblockanlage oder modularer Aufbau

Die USV-Anlage ist als Einblockanlage ohne Redundanz und Reserve zu realisieren.

- oder -

Die USV-Anlage ist gemäss folgender Definition modular aufgebaut:

- Modularer Aufbau mit (n+1) Modulen: (3+1) Module
Dabei muss mit n Modulen P_{Nenn} und S_{Nenn} erreicht werden.
Die USV-Anlage bleibt auch beim Ausfall einzelner beliebiger Module mit allenfalls reduzierter Leistung betriebsfähig.
- Für weitere Module mit gleicher Leistung ist Reserveplatz bereitzustellen: Reserveplatz für 2 Module
- Die Module können während dem Betrieb der USV-Anlage ausgetauscht werden (Hot-Swap): Ja

3.2.2. Zusatzeinrichtungen

Die USV-Anlage ist mit folgenden Zusatzeinrichtungen auszurüsten:

- Elektronischer Bypass: Ja
- Wartungs-Bypass: Ja

3.3. BETRIEBSARTEN

Der Betrieb der USV-Anlage ist mit folgenden Betriebsarten möglich:

- Betrieb über USV-Pfad: Ja
 Im Normalbetriebszustand fließt die Energie vom Netz über den USV-Pfad zu den ab der USV versorgten Verbraucher. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.
 Bei Netzausfall und Netzstörungen erfolgt eine unterbrechungsfreie Umschaltung vom Betrieb über den USV-Pfad auf den Betrieb ab Batterie.
- Energiesparbetrieb über elektronischen Bypass: Ja
 Im Normalbetriebszustand fließt die Energie vom Netz über den elektronischen Bypass zu den ab der USV versorgten Verbraucher. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.
 Bei Netzausfall und Netzstörungen erfolgt innerhalb von 20 ms eine Umschaltung vom Betrieb über den elektronischen Bypass auf den Betrieb über den USV-Pfad oder auf den Betrieb ab Batterie, so dass die Verbraucher nach erfolgter Umschaltung stabil versorgt werden.
- Wartung: Ja
 Für Wartungsarbeiten kann die USV-Anlage manuell auf den Wartungs-Bypass umgeschaltet werden. Dadurch wird ein Teil der USV-Anlage umgangen und kann spannungslos geschaltet werden.

3.4. TECHNISCHE DATEN

Die Ausgangsspannungsform ist bei allen Betriebsarten sinusförmig und entspricht der Norm EN 50160.

Die USV-Anlage muss die eingangsseitigen Netzstörungen beim Betrieb über den USV-Pfad beheben, so dass diese am Ausgang der USV-Anlage auf Werte reduziert werden, die innerhalb den Grenzwerten der Norm EN 50160 liegen.

Die Netzurückwirkungen am Eingang der USV-Anlage dürfen bei maximaler Last folgende Werte nicht überschreiten:

- Klirrfaktor des Eingangsstromes bei P_{Nenn} und S_{Nenn} (THD_i) < 10.0 %
- Leistungsfaktor am Eingang bei P_{Nenn} und S_{Nenn} (λ) > 0.97

Die gemessenen und garantierten Verluste und Wirkungsgrade der USV-Anlage müssen die folgenden Grenzwerte einhalten:

- Gesamtwirkungsgrad AC / AC bei Betrieb über den USV-Pfad und geladener Batterie mit linearer, ohmscher
 - 100 % Last > 92.0 %
 - Teillast 75 % > 92.0 %
 - Teillast 50 % > 92.0 %
- Standby-Verluste bei Betrieb über den USV-Pfad: < 150 W
 Die Standby-Verluste entsprechen den Verlusten der USV-Anlage, bei geladener Batterie, Nennspannung am Ausgang und einem Ausgangsstrom $I_A = 0$ A.
- Gesamtwirkungsgrad AC / AC bei Betrieb über den elektronischen Bypass und geladener Batterie mit linearer, ohmscher
 - 100 % Last > 98.0 %
 - Teillast 75 % > 98.0 %
 - Teillast 50 % > 98.0 %
- Standby-Verluste bei Betrieb über den USV-Pfad: < 150 W
 Die Standby-Verluste entsprechen den Verlusten der USV-Anlage, bei geladener Batterie, Nennspannung am Ausgang und einem Ausgangsstrom $I_A = 0$ A.

Die USV-Anlage muss folgende Überlastbarkeit erfüllen:

- Überlastbarkeit bei Betrieb über den USV-Pfad
 - während 1 Minute 200 %
 - während 10 Minuten 125 %
- Überlastbarkeit bei Betrieb über den elektronischen Bypass
 - während 1 Sekunde 1000 %
 - während 10 Sekunden 250 %

Im Weiteren gelten folgende Umgebungsbedingungen und Anforderungen für die USV-Anlage:

- Betriebstemperatur: 0 °C bis 40 °C
- Luftfeuchtigkeit: 0 % bis 95 %
nicht kondensierend
- Geräuschpegel im Abstand von 1 m bei P_{Nenn} und S_{Nenn} : < 50 dB
- Batterietest Ja
- Batterieladegerät Rippel < 5 %
- Batterie Ladekennlinie abgestimmt auf integrierte Batterie
- Schutz vor Batterietiefentladung inkl. automatischer Batterieüberwachung: Ja

3.5. ÜBERWACHUNG UND STEUERUNG

Zur Überwachung und Steuerung der USV-Anlage sind die folgenden Komponenten enthalten:

- Überwachungs- und Bedieneinheit auf der USV-Anlage: *Ja*
- Server Shut-down Funktion *Ja*
- Kommunikationsschnittstelle: *Ethernet*
 - Schnittstelle dient zur Fernabfrage und Weiterleitung von Systeminformationen, wie Statusmeldungen, Messwerte, Ereignisprotokollen usw. *Ja*
 - Schnittstelle dient zur Fernbedienung der USV-Anlage. *nein*
- Potentialfreie Relaiskontakte: *2 - 4 Stück*
 Relaiskontakte (230 V, 2 A) zur hardwaremässigen Abfrage von Statusmeldungen, wie Betriebsart, Störungen der USV-Anlage, Zustand des versorgenden Netzes, Zustand der Batterien, usw.

4. BATTERIE

- Batterietyp *integrierte, wartungsfreie Batterien*
- Batterieautonomiezeit *10 Min.*
 bei $S_{\text{Nenn}} = 10 \text{ kVA}$ und $\cos \varphi = 0.8$
- Minimale Lebenserwartung der Batterien bei einer Umgebungstemperatur von maximal 25 °C: *5 Jahre*

5. TECHNISCHE DATEN

Mit dem Angebot für die USV-Anlage sind folgende technischen Daten einzureichen:

- Beschreibung der angebotenen USV-Anlage
- Datenblatt der angebotenen USV-Anlage
- Datenblatt zur integrierten, wartungsfreien Batterie

Optimierter Einsatz von USV-Anlagen

Merkblatt für Planer und Betreiber von USV-Anlagen



USV-Anlagen werden zum Schutz der Verbraucher vor Störungen im Netz oder dem Ausfall der Netzversorgung sowie zur Reduktion von Netzzrückwirkungen eingesetzt. Die detaillierte Kenntnis der Anforderungen und der Qualität von Verbrauchern und des Netzes bilden die Basis für einen optimierten und Kosten sparenden Einsatz der USV-Anlagen.

Anforderungen der Verbraucher und des versorgenden Netzes berücksichtigen!

USV-Anlagen sind mehr als nur eine sichere Stromversorgung. Die Aufgaben, die eine USV-Anlage erfüllen muss, sind abhängig von den Anforderungen der Verbraucher sowie von der Qualität und den Anforderungen des versorgenden Netzes. Eine diesbezüglich differenzierte Betrachtung bildet die Voraussetzung für einen optimierten Einsatz von USV-Anlagen und führt somit zur Reduktion von Investitions- und Betriebskosten.

Die drei Funktionen der USV-Anlagen

a) Bei einem Ausfall oder Unterbruch der Netzversorgung schaltet die USV-Anlage automatisch auf den Batteriebetrieb um und stellt dadurch die Stromversorgung sicher (Fig. 1).

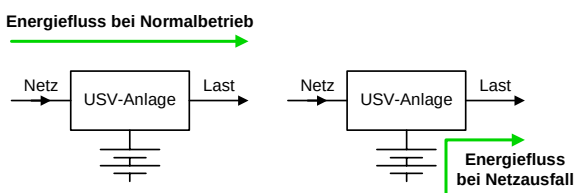


Fig. 1 Energiefluss im Normalbetrieb und bei Netzausfall oder Netzunterbruch

b) Abhängig vom Aufbauprinzip der USV-Anlage schirmt sie Netzstörungen (Fig. 2) ab, so dass die Verbraucher in ausreichender Spannungsqualität versorgt werden.

Netzstörungen	Mögliche Ursachen
	Netzunterbruch, Netzeinbruch
	Über- und Unterbelastung des Netzes
	Grosse Laständerungen
	Selten im europäischen UCTE-Netz; Möglich im Inselbetrieb
	Oberschwingungen durch Gleich- und Wechselrichter sowie Getaktete Netzteile
	Blitzeinschläge; Gleich- und Wechselrichter; Kurzschlüsse

Fig. 2 Mögliche Netzstörungen und ihre Ursachen

c) Nichtlineare Lasten erzeugen Netzzrückwirkungen wie z.B. durch Oberschwingungsströme verursachte Spannungsverzerrungen. Diese Netzzrückwirkungen der Verbraucher können durch USV-Anlagen vom versorgenden Netz entkoppelt werden.

Die drei Funktionen a) bis c) der USV-Anlagen müssen nicht bei allen Verbrauchern im gleichen Masse erfüllt werden. Dies ist abhängig von der Qualität und den Anforderungen des versorgenden Netzes sowie von den Verbrauchern. Eine differenzierte Betrachtung der Qualität und der Anforderung des Netzes sowie der Verbraucher zeigt auf, wie weit die einzelnen Funktionen einer USV-Anlage erbracht werden müssen. Erst dadurch kann eine USV-Anlage optimal ausgewählt und eingesetzt werden.

Betriebsarten der USV-Anlagen

Im Normalbetrieb einer USV-Anlage, d.h. bei vorhandener Netzversorgung bestehen zwei mögliche Betriebsarten, der Betrieb über den USV-Pfad (Fig. 3) und der Betrieb über Bypass (Fig. 4), von einzelnen Lieferanten auch ECO-Mode benannt.

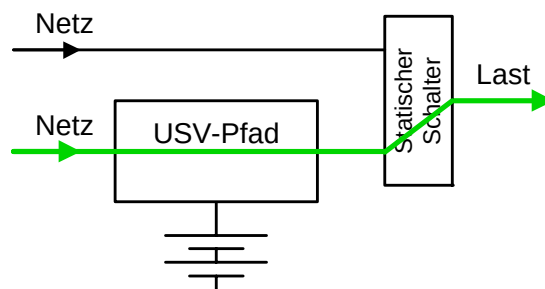


Fig. 3 Energiefluss einer USV-Anlage beim Betrieb über den USV-Pfad

Die Energie fließt beim Betrieb über den USV-Pfad (Fig. 3) abhängig vom Typ der USV-Anlage über den Gleich- und Wechselrichter bzw. über den 4-Quadrantenrichter und allenfalls weitere, sich in diesem Pfad befindliche Komponenten. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten. Der Energieverbrauch der USV-Anlage hängt vom Wirkungsgrad der beteiligten Komponenten ab.

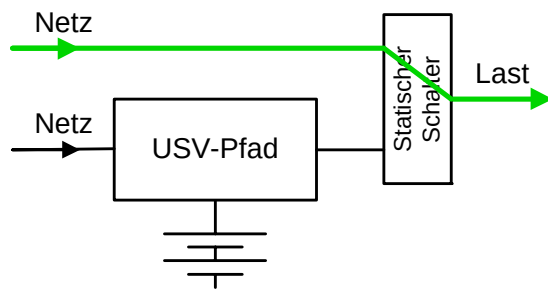


Fig. 4 Energiefluss einer USV-Anlage beim Betrieb über Bypass

Die Energie fliesst beim Betrieb über Bypass im Normalbetriebszustand oder bei einer Störung des USV-Pfades über den statischen Schalter und allenfalls weiteren, sich im Bypass befindliche Komponenten zu den Verbrauchern, d.h. die Versorgung der Verbraucher erfolgt direkt ab dem Netz. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten. Beim Betrieb über Bypass sind die Energieverluste der USV-Anlage geringer als beim Betrieb über den USV-Pfad.

USV-Anlagen, die über den Bypass betrieben werden, müssen im Falle einer Netzstörung automatisch auf den Betrieb über den USV-Pfad umschalten, d.h. die Versorgung über den USV-Pfad oder ab Batterie muss gewährleistet sein. Bei der Umschaltung auf den Betrieb über USV kann abhängig von der Art der Netzstörung und der Qualität der USV-Anlage ein Unterbruch der Spannung am Ausgang der USV-Anlage von maximal 20 ms auftreten. Zum Beispiel verursacht ein Kurzschluss auf der Netzseite einen Unterbruch, während ein Spannungseinbruch oder eine Frequenzabweichung am Eingang der USV-Anlage am Ausgang lediglich eine Beeinflussung der Spannungsform aber keinen Unterbruch bewirken.

Die automatische Rückkehr vom Betrieb über den USV-Pfad in den Betrieb über Bypass erfolgt erst nach einer Stabilisierungsphase der Eingangsspannung. Dadurch wird vermieden, dass in Folge instabiler Netzverhältnisse mehrmalige Umschaltungen stattfinden.

Konzentrierte Informationen in der Qualitäts-/Energie-Matrix

Zwischen der prozessorientierten Qualität einer USV-Anlage, d.h. der Behebung von Netzstörungen sowie der Reduktion von Netzzrückwirkungen, und den Energieverlusten besteht ein Zusammenhang. Dieser Zusammenhang wird in der Qualitäts-/Energie-Matrix (Q/E-Matrix) in konzentrierter Form dargestellt.

Die Q/E-Matrix enthält Angaben über

- die Nennwirk- und Nennscheinleistung der USV-Anlagen,

- den Klassifizierungs-Code der USV-Anlage gemäss IEC 62040-3,
- den Grad der Behebung von Netzstörungen des versorgenden Netzes für die Verbraucher,
- die Verbesserung des Leistungsfaktors und des Klirrfaktors des Stromes der Verbraucher am Einspeisepunkt des versorgenden Netzes und
- die Verluste und Wirkungsgrade der USV-Anlage im Normalbetrieb.

Dabei werden die beiden Betriebsarten „Betrieb über USV-Pfad“ und „Betrieb über Bypass“ aufgeführt.

Die Q/E-Matrix ist von den Lieferanten von USV-Anlagen auszufüllen und den Offerten beizufügen. Die in der Q/E-Matrix aufgeführten und verbindlichen Werte basieren auf dem Messverfahren für USV-Anlagen, das im Auftrag des BFE erstellt wurde. Diesem Messverfahren liegen die Tests zu Grunde, die in IEC 62040-3 festgelegt sind.

Die Q/E-Matrix und das Messverfahren kann im PDF-Format ab dem Internet unter www.electricity-research.ch bezogen werden.

Versorgendes Netz

Für die elektrischen Verbraucher ist es von Interesse, wie oft und wie stark das versorgende Netz vom Normalfall abweichen kann. Dabei muss ermittelt werden, wie weit Ausfälle oder Unterbrüche in der Netzversorgung und wie weit andere Netzstörungen auftreten können, d.h. wie gross das Ausmass der in der Q/E-Matrix aufgeführten Netzstörungen sein kann.

Weiter ist für das versorgende Netz von Interesse, wie gross die Netzzrückwirkungen der Verbraucher oder der USV-Anlage sind. Dies betrifft vor allem den Leistungsfaktor und die Stromoberschwingungen der Verbraucher resp. der USV-Anlagen.

Die Qualität und die Anforderung des Netzes können mit Hilfe der *Checkliste zum versorgenden Netz* des BFE ermittelt werden. Die dazu benötigten Daten müssen vom jeweiligen Betreiber des versorgenden Netzes bezogen werden.

Verbraucher

Die elektrischen Verbraucher reagieren unterschiedlich auf mögliche Netzstörungen. So gibt es Verbraucher, die

- Spannungseinbrüche bis zu 20 ms,
- Spannungsschwankungen bis $\pm 10\%$,
- Frequenzschwankungen bis $+4\%$ / -6% und
- Spannungsverzerrungen bis 8%

problemlos überstehen. Auch gegenüber Transienten sind viele Verbraucher immun. Zudem müssen nicht alle Verbraucher immer mit elektrischer Energie versorgt werden, d.h. Betriebsaus-

fälle in zeitlich beschränktem Rahmen sind durchaus akzeptabel.

Diese Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz können mit Hilfe der *Checkliste der Verbraucher* des BFE zusammengestellt werden. Die dazu erforderlichen Daten müssen mit einer detaillierten Analyse der USV-Verbraucher ermittelt werden.

Bei der Erfassung der Verbraucher sollen Erfahrungswerte, den Werten aus den Datenblättern vorgezogen werden, da die Erfahrungswerte wesentlich zur Optimierung des Einsatzes der USV-Anlage beitragen.

Im Folgenden einige Beispiele zu den Anforderungen der Verbraucher.

- Ein Grossteil der Personalcomputer, Arbeitsstationen, EDV-Netzwerke und der Geräte mit getakteten Netzgeräten überstehen einen Spannungsunterbruch von 20 ms ohne Funktionsstörung und sind auch gegenüber den anderen Netzstörungen weitgehend immun.
- Im Gegensatz dazu führt bei Hochdruckleuchten oder teilweise bei Steuerungen mit Relais in Selbsthaltung ein Spannungsunterbruch von 20 ms dazu, dass sich das Gerät abschaltet und allenfalls erst nach einigen Minuten wieder gestartet werden kann.
- Bei Anlagen mit eigener Energiespeicherkapazität, wie z.B. bei Klima- und Kälteanlagen in einem Gebäude ist häufig ein Betriebsausfall von mehreren Minuten erlaubt. Im Gegensatz dazu gilt dies nicht für die Klimatisierung des USV- und eines allfälligen Batterieraumes, da für den Betrieb der USV-Anlage und der Batterien die für eine einwandfreie Funktion der Anlagen erforderlichen Umgebungsbedingungen gewährleistet sein müssen und dies vor allem bei einem Netzausfall.

Bei der Qualität der Verbraucher interessieren der Leistungsfaktor und die Stromoberschwingungen der Gesamtheit aller Verbraucher eines Anschlusspunktes. Diese Netzurückwirkungen müssen ab einer definierten Grösse der Verbrauchsleistung die Vorgaben des Netzbetreibers erfüllen.

Von den Verbrauchern, die ab einer USV-Anlage versorgt werden sollen, sind unter Berücksichtigung des jeweiligen Gleichzeitigkeitsfaktors und des Leistungsfaktors die Wirk- und Blindleistung zu bestimmen. Die Dimensionierung einer USV-Anlage basiert auf dieser Ermittlung der Wirk- und Blindleistung aller Verbraucher.

Auch dazu dient die *Checkliste der Verbraucher* des BFE.

Kategorisierung der Verbraucher

Die Verbraucher werden abhängig von ihren Anforderungen an das versorgende Netz in eine der drei folgenden Kategorien zugeordnet.

Kategorie 1: **Versorgung ab Netz**

Die Verbraucher können direkt am Netz ohne USV-Anlage betrieben werden.

Kategorie 2: **Versorgung über Bypass**

Die Verbraucher werden über eine USV-Anlage versorgt. Im Normalbetrieb erfolgt die Versorgung über den Bypass. Bei einer Netzstörung wird die Versorgung mit einem Spannungsunterbruch von max. 20 ms auf den USV-Pfad umgeschaltet. Die Verbraucher überstehen diesen Spannungsunterbruch ohne Betriebsstörung und die Funktionen der Verbraucher bleiben gewährleistet.

Kategorie 3: **Versorgung über USV-Pfad**

Die Verbraucher werden über den USV-Pfad der Anlage versorgt, d.h. eine unterbrechungsfreie Spannungsversorgung ist für die Gewährleistung der Funktionen der Verbraucher zwingend erforderlich.

Die Zuordnung der Verbraucher in die drei Kategorien erfolgt in mehreren Schritten gemäss folgendem Ablaufschema (Fig. 5).

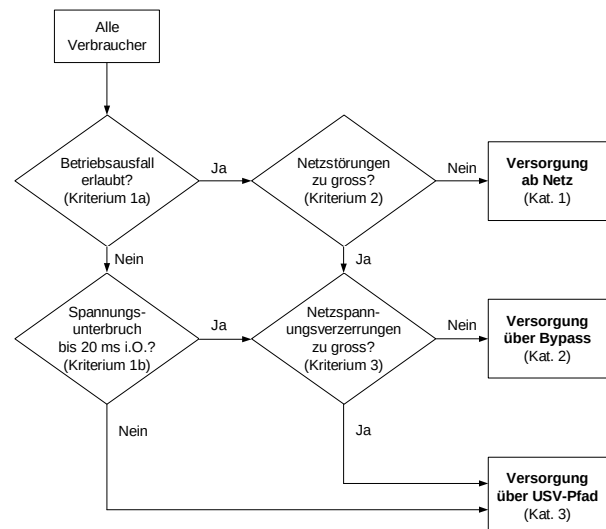


Fig. 5 Ablauf der Verbraucherkategorisierung

Schritt 1: **Grobeinteilung in die drei Kategorien**

Verbraucher, bei denen ein Betriebsausfall erlaubt ist, werden der Kategorie 1 zugeordnet (Kriterium 1a). Verbraucher, bei denen kein Betriebsausfall erlaubt ist, die aber einen Spannungsunterbruch bis 20 ms ohne Betriebs- oder Funktionsstörung ertragen, werden der Kategorie 2 zugeordnet (Kriterium 1b). Alle anderen Verbraucher werden der Kategorie 3 zugeordnet.

Schritt 2: **Detailabklärung bezüglich der Verträglichkeit einzelner Netzstörungen**

Verbraucher der Kategorie 1, bei denen die möglichen Netzstörungen des versorgenden Netzes ausserhalb der Bandbreite der Verträglichkeit der Verbraucher liegen und durch diese beschädigt werden können, werden der Kategorie 2 zugeordnet. Diese Änderung der Kategorisierung wird auch vorgenommen, wenn die Verbraucher durch

die Netzstörungen in ihrer Funktion beeinträchtigt werden, ohne dass es zu einer Abschaltung des jeweiligen Verbrauchers kommt. Netzstörungen, die ausserhalb den in der Checkliste der Verbraucher aufgeführten Bandbreiten liegen, können in Industrienetzen oder im Inselbetrieb auftreten (Kriterium 2).

Schritt 3: Abklärungen bezüglich der Verträglichkeit von Spannungsverzerrungen

Verbraucher der Kategorie 2, bei denen die mögliche Spannungsverzerrung des versorgenden Netzes ausserhalb der Bandbreite der vertraglichen Spannungsverzerrung liegt, werden der Kategorie 3 zugeordnet. Hohe Spannungsverzerrungen können in Industrienetzen auftreten.

Beurteilung der Netzzrückwirkungen der Verbraucher

Zusätzlich zur Kategorisierung der Verbraucher ist auch die Beurteilung der Netzzrückwirkungen pro Kategorie durchzuführen. Dies kann wiederum mit Hilfe der *Checkliste der Verbraucher* erfolgen, wobei der Leistungsfaktor λ und der Oberschwingungslastanteil jeder Verbrauchergruppe von Interesse sind. Diese Beurteilung zeigt, dass allenfalls Massnahmen zur Reduktion der Netzzrückwirkungen der Verbraucher erforderlich sind (Fig. 6).

Bei den Verbrauchern, die direkt ab dem Netz oder dem Bypass versorgt werden, können die Netzzrückwirkungen mittels Filtern oder Blindstromkompensationen reduziert werden. Sind die Netzzrückwirkungen der Verbraucher, die über den USV-Pfad versorgt werden müssen, zu gross, so muss die USV-Anlage und deren Funktionen entsprechend gewählt werden. Zudem sollte immer auch die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, alternative Verbraucher mit geringeren Netzzrückwirkungen einzusetzen.

Verbraucher	Massnahmen wenn	
	Leistungsfaktor λ zu gering	Oberschwingungslastanteil zu hoch
Kategorie 1: Versorgung ab Netz	- Einsatz alternativer Verbraucher - Filter - Blindleistungskompensation	- Einsatz alternativer Verbraucher - Filter
Kategorie 2: Versorgung über Bypass	- Einsatz alternativer Verbraucher - Ausgewählte Verbraucher der Kategorie 3 zuordnen - Filter - Blindleistungskompensation	- Einsatz alternativer Verbraucher - Ausgewählte Verbraucher der Kategorie 3 zuordnen - Filter
Kategorie 3: Versorgung über USV-Pfad	- Abschirmung durch Gleichstromkreis der USV-Anlage *) - Leistungsfaktorkorrektur durch USV-Anlage - Aktivfilterfunktion der USV-Anlage	- Abschirmung durch Gleichstromkreis der USV-Anlage *) - Aktivfilterfunktion der USV-Anlage

Fig. 6 Mögliche Massnahmen zur Reduktion der Netzzrückwirkungen von Verbrauchern

*) Die USV-Anlage selbst muss die Anforderungen des versorgenden Netzes bezüglich der Netzzrückwirkungen ebenfalls erfüllen.

Wahl der USV-Anlage und der Betriebsart

Die Kategorisierung der Verbraucher bestimmt die Anforderungen an die USV-Anlage. Nur die Verbraucher der Kategorien 2 und 3 sind USV berechtigt und bestimmen die Leistung der USV-Anlage. Abhängig von der Aufteilung der Verbraucher in die Kategorien 2 und 3 muss festgelegt werden, ob allenfalls zwei unabhängige USV-Anlagen eingesetzt werden sollen, wobei die eine über den Bypass und die andere über den USV-Pfad betrieben wird.

Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 ab einer gemeinsamen USV-Anlage versorgt, so erfolgt dies über den USV-Pfad. Ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten, d.h. in der Nacht oder an den Wochenenden, kann ein Betrieb über Bypass, allenfalls trotzdem möglich sein.

Um mehr zu erfahren...

- *Optimierter Einsatz von USV-Anlagen*; Übersicht über das Projekt *Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen* des BFE aus den Jahren 1997/98, inkl. *Checkliste zum versorgenden Netz*, *Checkliste der Verbraucher* und *Q/E-Matrix*
- *Messverfahren für USV-Anlagen*; Version von 2005

- *Energieoptimierte Planung und Betrieb von USV-Anlagen*, Ein Leitfaden für Planer und Betreiber; Version von 2004, BFE
- *Checkliste für eine funktionale Musterausschreibung*; November 2004, BFE
- *Empfehlung für die Beurteilung von Netzzrückwirkungen*; VSE Empfehlung 2.72d-97