

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

**Band:** 81 (1990)

**Heft:** 7

**Artikel:** Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme mit Mittelfrequenzzwischenkreis

**Autor:** Alexa, Dimitrie

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-903102>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 09.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme mit Mittelfrequenzzwischenkreis

Dimitrie Alexa

*Im vorliegenden Aufsatz wird eine neue Variante einer unterbrechungsfreien Stromversorgung mit Mittelfrequenz-Zwischenkreis vorgestellt. Sie kommt mit einfachen Steuerkreisen aus und vermeidet durch den Einsatz mehrerer Wechselrichter im Gleichstromabschnitt die Parallelschaltung von Leistungstransistoren.*

*L'article présente une nouvelle variante d'une alimentation ininterrompue en courant avec circuit intermédiaire à moyenne fréquence. Elle se contente de circuits de commande simples et évite le montage parallèle de transistors de puissance, en utilisant côté courant continu plusieurs onduleurs.*

Der ununterbrochenen Wechselstromversorgung gewisser Verbraucher muss zur Absicherung des einwandfreien Funktionierens von Produktionsprozessen, der Überwachungs- und Kontrollinstallationen des Eisenbahnverkehrs, der Datenübertragung und -verarbeitung, der Krankenhausapparaturen usw. grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden. Dies kann durch den Einsatz von unterbrechungsfrei arbeitenden Stromquellen (USV) bewerkstelligt werden. An den Betrieb solcher Anlagen werden hohe Ansprüche gestellt, da er, wenn er fehlerhaft ist, bedeutende materielle Schäden verursachen kann.

Die neu verzeichneten Fortschritte auf dem Gebiet der Kommutierungstransistoren für hohe Ströme hat die Erweiterung der USV-Anwendungen begünstigt. Durch Ausdehnung der SOA (Safe Operating Area) der Kenngrösse  $I_C-U_{CE}$  wurde eine Reduzierung der Dimensionen der Elemente in den RCD-Schutzkreisen dieser Transistoren erreicht. Meistens werden die USV durch Akkumulatorenbatterien gespeist, und man geht zu grossen Ausgangsleistungen bis zu 70...100 kVA. Da der maximal erlaubte Kollektorstrom der bipolaren Leistungstransistoren im allgemeinen 300...400 A nicht überschreitet, ist es in USV notwendig, die Wechselrichter mit parallel geschalteten Transistoren auszustatten. Diese Lösung hat aber den Nachteil, dass beim Einschalten dieser Transistoren der Laststrom nicht gleichmässig auf alle Transistoren verteilt wird. Um diesen Nachteil zu vermeiden, kann man mehrere, von derselben Akkumulatorenbatterie gespeiste Wechselrichter verwenden und die Ausgangsspannungen der Wechselrichter, die zur Reduzierung der Spannungsharmonischen auf dem Prinzip der Pulsweitenmodulation arbeiten,

durch einen speziellen Transformator aufsummieren.

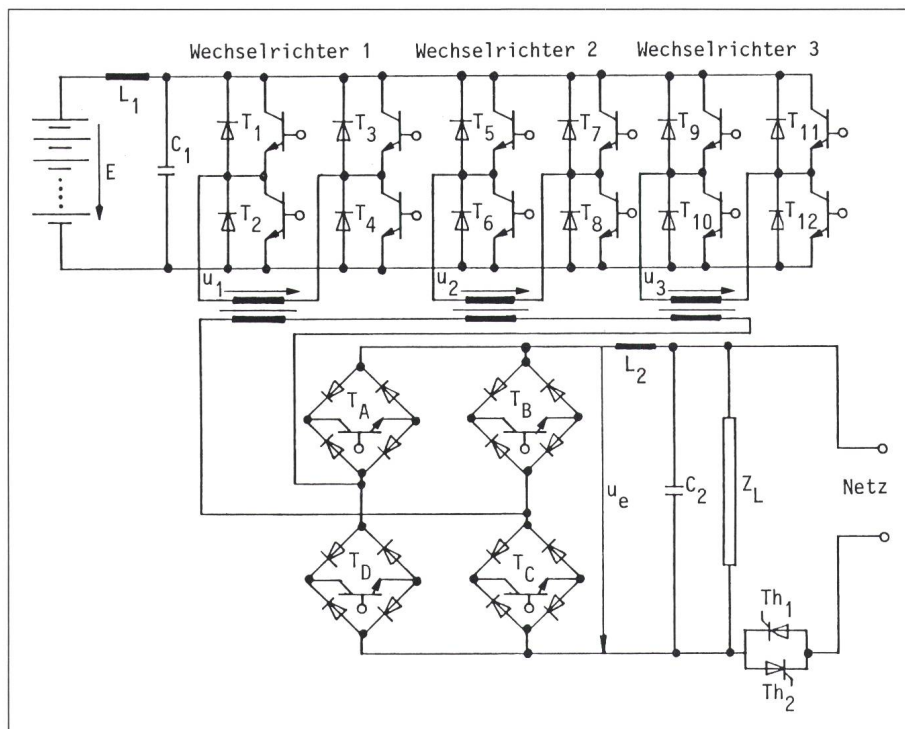
Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme sollen ein möglichst kleines Gewicht und ein möglichst geringes Volumen haben. Sie müssen auch zu kleinstmöglichen Kosten herstellbar sein. Eine der Möglichkeiten, dies zu erreichen, besteht in der Umwandlung von Gleichstrom (DC) in Wechselstrom (AC) mit Hilfe eines Mittelfrequenzzwischenkreises (MF). Dadurch kann an Stelle eines Leistungstransformators niedriger Frequenz mit Eisenkern ein Ferrittransformator mit kleineren Abmessungen und niedrigeren Kosten verwendet werden. Zum Beispiel hat ein bei 25 kHz arbeitender Ferrittransformator für eine Ausgangsleistung von 10 kVA ein um etwa neunmal kleineres totales Gewicht (Wicklungen und Kern) als ein Transformator mit Trafoeisenkern für die gleiche Leistung, aber für eine tiefere Frequenz. Die Herstellkosten des Ferrittransformators betragen nur 40% des entsprechenden Transformators mit Eisenkern. Aufgrund dieser Ideen wird eine neue USV-Variante mit Mittelfrequenzzwischenkreis vorgestellt, die gegenüber der in der Arbeit [1] wiedergegebenen Variante die Vorteile aufweist, dass sie mit einfacheren Steuerkreisen arbeitet sowie die Parallelschaltung mehrerer einphasiger Wechselrichter auf dem Gleichstromteil erlaubt und dadurch die Parallelschaltung mehrerer Leistungstransistoren vermeidet.

## Funktionsprinzip

In Bild 1 wird das Prinzipschaltbild der unterbrechungsfreien Stromversorgung mit Mittelfrequenzzwischenkreis dargestellt. Die Anlage wird von einer Akkumulatorenbatterie mit der Spannung  $E$  versorgt und besteht aus

### Adresse des Autors

Prof. Dr.-Ing. Dimitrie Alexa, Lehrstuhl für Elektronik am Polytechnischen Institut Iassy, Strada 23 August Nr. 22, RO-6600 Iassy, Romania



**Bild 1** Prinzipschema der unterbrechungsfreien Stromversorgung mit Mittelfrequenz-zwischenkreis

- $E$  Spannung der Akkumulatorenatterie
- $L_1, C_1$  Selbstinduktion und Kapazität des Eingangsfilters
- $L_2, C_2$  Selbstinduktion und Kapazität des Ausgangsfilters
- $T_1 \dots T_{12}$  Transistoren der Wechselrichter 1...3
- $u_1 \dots u_3$  Ausgangsspannungen der Wechselrichter
- $T_A \dots T_D$  Transistoren des Direktumrichters
- $u_e$  Ausgangsspannung des Direktumrichters
- $Z_L$  Lastimpedanz
- $Th_1, Th_2$  Thyristoren für statische Netzzurückschaltung

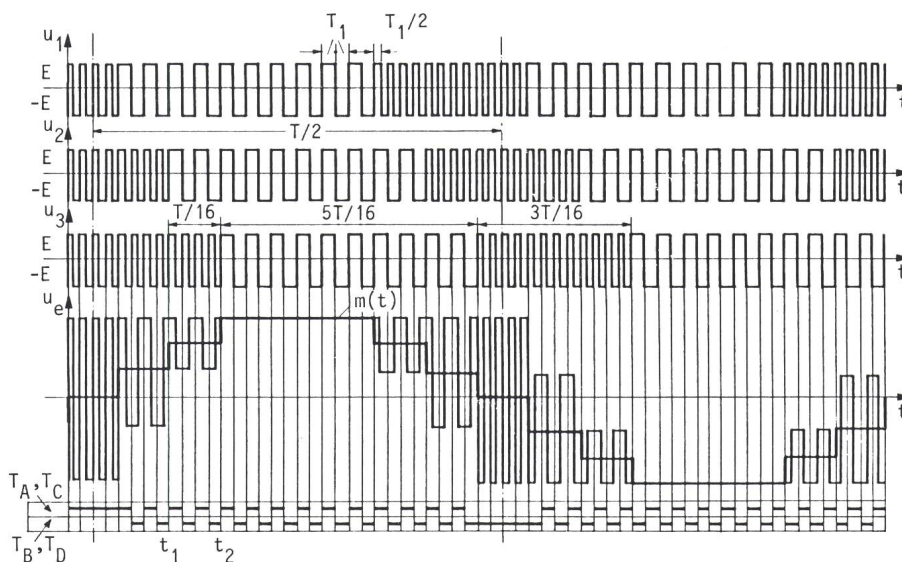
drei einphasigen Brückenwechselrichtern mit bipolaren Leistungstransistoren, drei Ferrittransformatoren und einem Direktumrichter. Am Eingang und am Ausgang der USV befinden sich die Filter  $L_1 C_1$  und  $L_2 C_2$ . Die Ferrittransformatoren haben sekundäre Wicklungen in Reihenschaltung und werden, um die Abmessungen zu reduzieren, bei einer Frequenz zwischen 20 und 25 kHz betrieben. Bei dieser Frequenz sind auch die Kommutierungsverluste in den Wechselrichtern kleiner. Der Direktumrichter setzt sich aus den bipolaren Transistoren  $T_A, T_B, T_C$  und  $T_D$  zusammen, die in einigen Brücken mit Kommutierdioden beschaltet sind. Die Lastimpedanz  $Z_L$  kann entweder über die Thyristoren  $Th_1$  und  $Th_2$  vom Netz oder, im Falle einer Unterbrechung der Netzspannung, durch die USV gespeist werden.

Die Bildung der USV-Ausgangsspannung kann mit Hilfe von Bild 2 erklärt werden. Die Wechselrichter erzeugen an ihren Ausgängen Sequenzen

von Rechteckpulsen. Die Länge der Pulse einer gegebenen Sequenz beträgt entweder  $T_1$  oder  $T_1/2$ . Während einer Periode  $T$  der zu erzeugenden Ausgangsspannung (von 50 oder 60 Hz) folgen sich abwechselungsweise je zwei Sequenzen dieser beiden Pulsarten. Sequenzen der  $T_1$ -Pulse haben eine Dauer von  $5T/16$  und Sequenzen der  $T_1/2$ -Pulse eine solche von  $3T/16$  (Spannungen  $u_1, u_2, u_3$ ; siehe Bild 1). Die Pulssequenzen  $u_1, u_2$  und  $u_3$  der Wechselrichter sind untereinander um  $T/16$  phasenverschoben (siehe Bild 2).

Durch Aufsummieren der Spannungen  $u_1, u_2$  und  $u_3$  (der Einfachheit halber wurde in Bild 2 angenommen, dass die Transformationsverhältnisse der drei Transformatoren gleich 1 sind) und durch Umrichten im Direktumrichter ergibt sich schliesslich die Ausgangsspannung  $u_e$ . Die durch eine geeignete Steuerung der Transistoren  $T_A, T_B, T_C$  und  $T_D$  erhaltene Modulation  $m(t)$  ist eine sehr gute Näherung einer Sinuswelle und lässt sich durch eine Fourier-Reihe der folgenden Form darstellen:

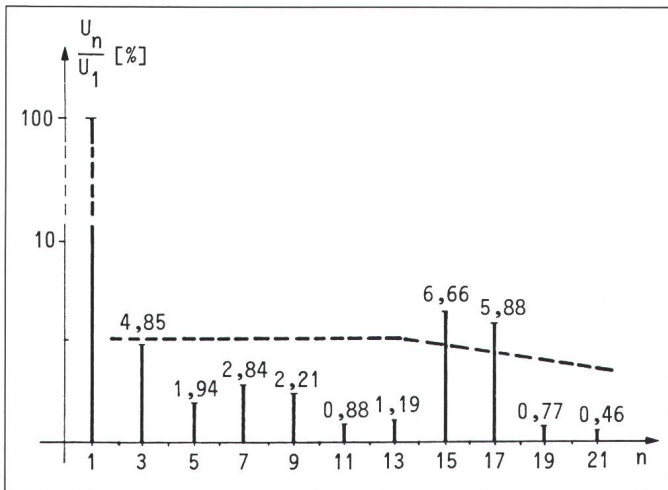
$$m(t) = 2NE \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1 - \cos(n\pi)}{n\pi} \cdot \cos\left(\frac{n^3\pi}{16}\right) 2 \cos\left(\frac{n\pi}{8} + 1\right) \cdot \sin\left[n\left(\omega t - \frac{\pi}{16}\right)\right] \quad (1)$$



**Bild 2** Funktionsprinzip der unterbrechungsfreien Stromversorgung

- $u_1 \dots u_3$  Ausgangsspannungen der Wechselrichter 1...3
- $T_1, T_1/2$  Impulslängen
- $T$  Periode der zu erzeugenden Ausgangsspannung
- $u_e$  Ausgangsspannung des Direktumrichters
- $T_A \dots T_D$  Schaltzustand des Direktumrichters
- $t_1, t_2$  siehe Bild 4
- $m(t)$  Modulation der Ausgangsspannung





$n$  Ordnungszahl der Fourierkomponenten  
 $U_n$  Amplitude der  $n$ -ten Fourierkomponente

- $E$  Spannung der Akkumulatorenatterie
- $N$  Transformationsverhältnis der Ferrittransformatoren
- $\omega$  Ausgangskreisfrequenz  $\omega = 2\pi/T$
- $n$  Ordnung der Harmonischen.

In Bild 3 sind die Werte der Verhältnisse zwischen den Amplituden der hauptsächlich höheren Harmonischen und der Amplitude der Grundschwingung wiedergegeben. Man bemerkt, dass sich alle Amplituden der Harmonischen, ausser der Harmonischen 15. und 17. Ordnung, unter den durch VDE 0160 erlaubten Grenzen befinden (in Bild 3 punktiert angegeben). Der Grundschwingungsgehalt des Modulationssignals  $m(t)$  beträgt 0,9913. Zur Verkleinerung der Harmonischen 15. und 17. Ordnung auf zulässige Grenzen kann man eine USV-Schaltung statt mit 3 mit 4 entsprechend gesteuerten Wechselrichtern aufbauen, oder man sieht am USV-Ausgang entsprechende LC-Filter für die Reduktion dieser Harmonischen vor.

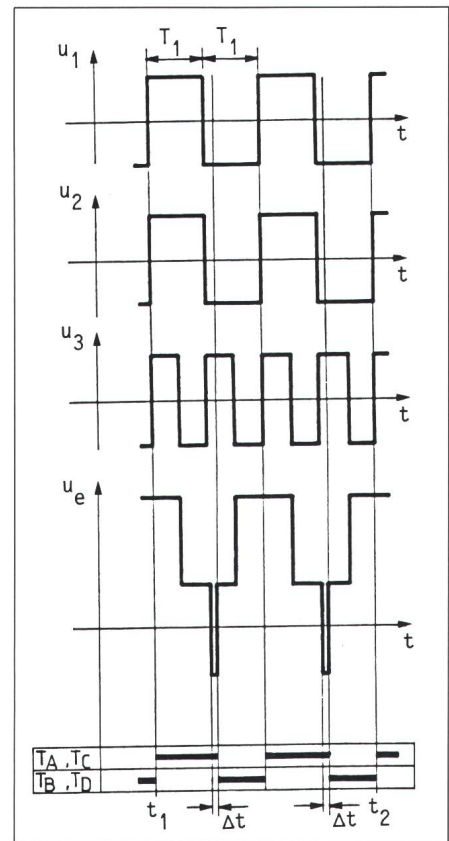
Da die Spannung  $E$  der Akkumulatorenatterie während des USV-Betriebs nicht konstant bleibt, ist es notwendig, die Ausgangsspannung  $u_e$  laufend auf einen bestimmten Wert möglichst nahe der Nennspannung zu re-

geln. Eine Änderung der Grundschwingungamplitude der Spannung  $u_e$  kann durch einen Betrieb mit ungleichen Einschaltintervallen für die Transistorenpaare  $T_A-T_C$  und  $T_B-T_D$  erreicht werden. So betragen z.B. in Bild 4, das sich auf den USV-Betrieb zwischen den in Bild 2 markierten Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  bezieht, diese Zeitintervalle  $T_1 + \Delta t$  und  $T_1 - \Delta t$ . Durch Variation von  $\Delta t$  zwischen Null und einem maximal zulässigen Wert kann die Grundschwingungamplitude der Ausgangsspannung  $u_e$  vom maximalen auf den minimalen Wert reduziert werden.

### Schlussfolgerungen

- Durch die Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom mit Hilfe eines Mittelfrequenzzwischenkreises können in einer USV-Anlage Ferrittransformatoren mit kleinen Abmessungen und niedrigen Kosten verwendet werden.
- Durch Verwendung von wenigstens drei, im Gleichstromkreis entsprechend Bild 2 parallel geschalteten, einphasigen Wechselrichtern kann eine USV-Ausgangsspannung mit einem niedrigen Anteil an höheren Harmonischen erzeugt werden.

**Bild 3**  
 Spektrum der Modulationsfunktion  $m(t)$



**Bild 4** Methode zur Variation der Ausgangsspannung  $u_e$

- $t_1, t_2$  Grenzen des Ausschnitts aus Bild 2
- $\Delta t$  Verschiebung der Ein-/Ausschaltzeitpunkte der Transistoren  $T_A \dots T_D$  des Direktumrichters

### Literatur

- [1] S. Manias, P.D. Ziogas and G. Olivier: Bilateral DC to AC convertor using a high frequency link. IEE Proceedings Part B: Electric Power Applications 134(1987)1, p. 15...23.
- [2] J. Schmidt: Unterbrechungsfreie Wechselstrom-Versorgungssysteme mit Thyristorstromrichtern. Technische Mitteilungen AEG-Telefunken 67 (1977)1, S. 52...57.
- [3] J. Holtz, W. Lotzkat and K.-H. Werner: A high-power multi transistor-inverter uninterruptible power supply system. IEEE Power Electronics Specialist Conference (PESC) 1986, p. 311...320.
- [4] T. Mizutani a. o.: Power transistorized uninterruptible power supply. IEEE Trans. on Industry Applications IA-20(1984)4/1, p. 961...966.