



BEUTH HOCHSCHULE FÜR TECHNIK BERLIN  
University of Applied Sciences

Fachbereich VII  
Elektrotechnik – Mechatronik – Optometrie  
Studiengang Elektrotechnik

## **Bachelorarbeit**

# **Dimensionierung eines USV Batteriespeichers für die Versorgung betriebsnotwendiger Verbraucher unter Berücksichtigung unterschiedlicher Betriebszustände und Spannungsebenen**

Ivo Felix Pavlina  
Matrikelnummer: 793767

Erstgutachter/Betreuer: Prof. Dr. Dr. Heinz-H. Schramm  
Dipl.-Ing. (FH) S. Cordewinus, IfE Grothe GmbH, Berlin

Zweitgutachter: Prof. Dr.-Ing. Sven Hille

In Zusammenarbeit mit:



Frankfurter Allee 41, 10247 Berlin

Berlin, den 30. November 2015

# Inhaltsverzeichnis

<b>Ehrenwörtliche Erklärung</b> .....	<b>I</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>II</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>III</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Formelzeichen</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Aufgabenstellung .....	2
1.2 Unterbrechungsfreies Stromversorgungssystem .....	3
<b>2 Richtlinien und Normen</b> .....	<b>4</b>
2.1 Leistungsklassifikation nach DIN EN 62040-3 .....	4
2.2 Schaltgerätekombination nach DIN EN 61439 .....	7
<b>3 USV-Systeme</b> .....	<b>7</b>
3.1 Double-conversion USV (VFI) .....	8
3.2 Line-interactive USV (VI) .....	10
3.3 Passiver Standby-Betrieb der USV (VFD) .....	11
<b>4 Stationäre Energiespeicher</b> .....	<b>13</b>
4.1 Brennstoffzelle .....	13
4.2 Supercaps .....	14
4.3 Schwungradgeneratoren .....	14
4.4 Diesel-Generatoren .....	14
4.5 Batteriespeicher .....	15
4.5.1 Nickel-Metallhydrid-Batterie .....	15
4.5.2 Natrium-Schwefel-Batterie .....	16
4.5.3 Nickel-Cadmium-Batterie .....	16
4.5.4 Lithium-Ionen-Batterie .....	16
4.5.5 Blei-Batterie .....	17
4.5.5.1 OGI-Batterie mit positiver und negativer Gitterplatte .....	17
4.5.5.2 GroE ortsfeste Großoberflächenplatten-Batterie .....	17
4.5.5.3 OPzS ortsfeste Panzerplatten-Batterie .....	18
4.5.5.4 OCSM ortsfeste Copper-Strech-Metall-Batterie .....	18

4.6	Eigenschaften der Blei-Batterie.....	19
4.6.1	Geschlossene Batterie.....	22
4.6.1.1	Einfacher Verschlussdeckel.....	22
4.6.1.2	Labyrinth-Stopfen.....	22
4.6.1.3	Keramik-Trichterstopfen.....	22
4.6.1.4	Rekombinationsstopfen.....	23
4.6.2	Verschlossene Batterie.....	23
5	Gesicherte Stromversorgung.....	24
6	Auslegung und Dimensionierung des Batteriespeichers.....	26
6.1	Ermittlung der Batteriedaten.....	27
6.2	Energiebedarfsermittlung.....	29
6.2.1	Direkte Versorgung der Verbraucher über den Gleichstromzwischenkreis	30
6.2.2	DC Versorgung der Verbraucher mittels DC/DC Wandler.....	30
6.2.3	AC Versorgung der Verbraucher mittels Wechselrichter.....	31
6.2.4	Berechnung der Stromwerte des Lastprofils.....	31
6.3	Berechnung der Batteriekapazität.....	33
6.4	Generierung der K Faktoren.....	36
7	Überprüfung der Berechnungsergebnisse.....	41
8	Ergebnisbeeinflussung durch Lastverläufe.....	45
9	Fazit.....	52
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>VII</b>

# 1 Einleitung

Seit etwa einhundert Jahren ist es möglich, eine große Anzahl von Batterien zusammenzuschalten, um dadurch Verbundnetze zu stabilisieren. Die Batteriespeicher dienen zur Speicherung der elektrischen Grundlast und der Erzeugung von Spitzenlast. In West-Berlin wurde 1986, zu Zeiten der Berliner Mauer, ein System mit Blei-Batterien aufgebaut, das im damaligen Inselbetrieb die Frequenz stabilisierte und als sofort verfügbare Energiereserve diente. Die Batterieanlage hatte eine Leistung von 17 MW und eine Speicherkapazität von 14,4 MWh. Durch die später entstandenen kontinentübergreifenden Verbundnetze sind solche Anlagen überflüssig geworden [1].

Durch den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien gewinnen Batteriespeicher jedoch wieder an Bedeutung. Sie dienen beispielsweise zum Ausgleich kurzfristiger Netzschwankungen, um erzeugte Energie aus Wind und Sonne sicher in das bestehende Stromnetz zu integrieren. Trotz großer Bemühungen die Netzstabilität zu verbessern, kommt es immer wieder zu Netzstörungen und Stromausfällen. Um Anlagen oder einzelne Verbraucher vor diesen zu schützen, werden unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme installiert. Durch die gut entwickelte Leistungselektronik der letzten Jahrzehnte bieten USV-Systeme äußerst effizienten Schutz vor Netzstörungen und Stromausfällen. Vollständige Versorgungssicherheit über den gesamten Überbrückungszeitraum kann jedoch nur gewährleistet werden, wenn die eingesetzten Batteriespeicher ausreichend dimensioniert sind.

Das Kernthema dieser Arbeit liegt in der Dimensionierung von Batteriespeichern für unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme. Im konkreten Anwendungsfall wird die Kapazitätsberechnung für nicht konstante Lastprofile erarbeitet und beschrieben. Für den praktischen Anwendungszweck wurde ein Berechnungsmuster entworfen mit dem die notwendige Batteriekapazität für unterschiedliche Leistungs- und Überbrückungszeitanforderungen berechnet werden kann.