

Nachhaltige Energieversorgung
und Integration von Speichern

Detlef Schulz *Hrsg.*

NEIS Conference 2016

Nachhaltige Energieversorgung und
Integration von Speichern

 Springer Vieweg

NEIS Conference 2016

Detlef Schulz
(Hrsg.)

NEIS Conference 2016

Nachhaltige Energieversorgung und
Integration von Speichern

 Springer Vieweg

Herausgeber
Detlef Schulz
Hamburg, Deutschland

ISBN 978-3-658-15028-0 ISBN 978-3-658-15029-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-15029-7

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Der Technologieübergang in der elektrischen Energieversorgung von einem fossil befeuerten Kraftwerkspark zur dezentralen Erzeugung ohne fossile und nukleare Brennstoffe ist eine der bleibenden großen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte.

In den Themenbereichen der NEIS 2016 „Conference on Sustainable Energy Supply and Energy Storage Systems“ (www.neis-conference.com) werden die vielschichtigen technischen und regulatorischen Transformationsprozesse eines Systemwandels in der Energieversorgung abgebildet. Die NEIS 2016 fand am 15. und 16. September als vierte Veranstaltung dieser Konferenzreihe statt, die jährlich von der Professur für Elektrische Energiesysteme der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg organisiert wird. Die NEIS wurde 2016 erstmals in englischer Sprache durchgeführt, um eine Plattform für den internationalen wissenschaftlichen Austausch zu schaffen. Das an der Helmut-Schmidt-Universität bestehende Forschungscluster „Nachhaltige Energieversorgung“ (<http://www.hsu-hh.de/nev>) bietet den Teilnehmern hervorragende Ansprechpartner für den interdisziplinären wissenschaftlichen Austausch.

Die Konferenzbeiträge der Keynote-Speaker setzten nachhaltige Impulse für die folgenden Diskussionen. Prof. Dr. Ir. Ronnie Belmans von der Katholieke Universiteit Leuven/Belgien trug zum Thema „Overview of technologies and market instruments for high level of renewable energy systems“ vor und erläuterte hierbei das Konzept und die bisherige Umsetzung des EnergyVille in Genk/Belgien, in dem Energieforschung in den Bereichen Smart Cities und Gebäudetechnik betrieben wird. Prof. Dr.-Ing. habil. Rolf Hanitsch von der Technischen Universität Berlin hielt einen Vortrag zum Thema „Solar energy systems – selected applications“ und beschrieb mit großem Erfahrungshintergrund die Entwicklung sowie neue technische Lösungsansätze für solarthermische und solarelektrische Systeme.

In den sechs folgenden Themenblöcken wurden die aktuellen Entwicklungen verdeutlicht. In der „Session 1: Electrical Power Grids“ wurden Netze in der stationären und mobilen Energieversorgung diskutiert. Die Netzdienlichkeit und Optimierung erneuerbarer Energien war Thema der „Session 2: Wind and Photovoltaic Power Plants“. Regulatorische und Marktaspekte wurden in der „Session 3: Regulatory and Market Framework Conditions“ beleuchtet. In der „Session 4: Energy Storage Systems“ ging es neben der Technologiebeschreibung auch um die Anforderungen an Speichersysteme. Im Rahmen der „Session 5: Grid Integration“ wurden technologische Ansätze zur verbesserten Netzintegration vorgestellt. In der „Session 6: Fuel Cell and Battery Systems“ wurden Technologien und Betriebsmöglichkeiten von Brennstoffzellen- und Batteriesystemen präsentiert. Bei der Lektüre der einzelnen Tagungsbeiträge wünsche ich Ihnen viel Freude.

Erstmals fand in diesem Jahr der „Energy-Slam“ statt, bei dem die drei überzeugendsten Konzepte zur unterhaltsamen Präsentation wissenschaftlicher Themen in jeweils 10 Minuten vorgetragen wurden.

Mein Dank gilt an dieser Stelle den Keynote-Speakern, den Session-Leitern und den Vortragenden für ihre wissenschaftlichen Beiträge. Unserem sehr engagierten Team von Wissenschaftlern und fleißigen Helfern danke ich für die Organisation, Vorbereitung und Unterstützung bei der Durchführung der Konferenz. Hervorzuheben sind dabei die in diesem Jahr verantwortlichen Organisatoren Herr Dr.-Ing. Hauke Langkowski und Herr Dr.-Ing. Thanh Trung Do, bei denen ich mich besonders bedanke.

Für die Durchführung der interessanten Besichtigung der modernisierten 110-kV-Schaltanlage in Hamburg-Jenfeld bedanke ich mich beim Geschäftsführer der Stromnetz Hamburg GmbH, Herrn Thomas Volk, der gemeinsam mit seinen Mitarbeitern allen Beteiligten die zahlreichen Fragen kompetent beantwortete.

Detlef Schulz
Hamburg, im Oktober 2016

Preface

The technology transition of the electrical power system, from fossil fired power plants to distributed generation without fossil and nuclear fuels, is one of the persistent big challenges of the next decades.

In the session topics of the NEIS 2016 „Conference on Sustainable Energy Supply and Energy Storage Systems“ (www.neis-conference.com) the complex technical and regulatory transformation processes of a general transition of the electrical power system were represented. The NEIS 2016 took place on 15th and 16th of September as the fourth event of this conference series that is organised by the Chair of Electrical Power Systems of the Helmut Schmidt University/University of the Armed Forces Hamburg as a yearly occasion. In 2016, the NEIS conference language was English for the first time to have a platform for international scientific information exchange. The existing research cluster “Sustainable Power Systems” of the Helmut Schmidt University (<http://www.hsu-hh.de/nev>) offers excellent partners for interdisciplinary scientific discussions.

The keynote speeches were relevant inputs and impulses for the following discussions. Prof. Dr. Ir. Ronnie Belmans of the Catholic University Leuven/Belgium presented the topic “Overview of technologies and market instruments for high level of renewable energy systems”. He introduced the concept and realization of the EnergyVille in Genk/Belgium, in which energy research in the fields of Smart Cities and Building Technology is implemented. Prof. Dr.-Ing. habil. Rolf Hanitsch of the Technical University Berlin/Germany presented the topic “Solar energy systems – selected applications”. Based on his big experience, he described the development of solar thermal and solar electric systems as well as new technical solutions in this fields.

In the six following sessions current developments were introduced. In “Session 1: Electrical Power Grids” power grid design and applications of stationary and mobile power systems were discussed. Grid services and optimization of renewable energies are presented in “Session 2: Wind and Photovoltaic Power Plants”. Regulatory and market aspects were addressed in „Session 3: Regulatory and Market Framework Conditions“. In “Session 4: Energy Storage Systems” technologies of storage systems were described as well as technical demands. Mainly technological approaches for improved grid integration were introduced in „Session 5: Grid Integration“. In “Session 6: Fuel Cell and Battery Systems” technologies and operation capabilities of fuel cells and batteries were presented. I wish you much pleasure during the study of these conference papers.

For the first time we applied the “Energy-Slam” this year. Here the three most convincing concepts of amusing presentation of scientific topics were presented within 10 minutes.

My special thanks go to the keynote speaker, the session chairs and the presenters for their scientific contributions of particular interest. I would like to thank, too, our always very engaged team members of scientists and busy assistants for the organization, preparation and support during the conference. I would particularly like to thank the two persons in charge for the organization of this year’s conference, Mr. Dr. Hauke Langkowski and Mr. Dr. Thanh Trung Do.

Many thanks go to the CEO of the local distribution system operator Stromnetz Hamburg GmbH, Mr. Thomas Volk and his colleagues for the organization of the interesting visit to the modernized 110 kV switchgear in Hamburg-Jenfeld. They explained us the technology and answered competently to the numerous questions.

Detlef Schulz
Hamburg, in October 2016

Table of Contents

Keynotes	1
Renewable Energy: New Market Environment is Key	3
Solar Energy Systems – Selected Applications	6
Electrical Power Grids – Elektrische Netze	13
Estimation of Reactive Power Compensation in the European Transmission System	15
Modelling of Low-Voltage Grids with the Help of Open Data	21
Self-testing Solid-State Power Controller for High-Voltage-DC Aircraft Applications	26
Power-Transmission via an MMC-based HVDC System for the Rededication of Existing AC-Lines	32
Diversification of Energy Sources in the Republic of Tajikistan and their Financing	39
Assessment of possible Technologies for Small Scale Emergency Power Supplies	43
Wind and Photovoltaic Power Plant – Windkraft und Photovoltaik	51
Provision of Control Reserve by Wind Power Plants – A System Study	53
Practical Considerations regarding Implementation of Wind Power Applications into Real-Time Hardware-In-The-Loop Framework	61
Using Reference Load and PV Profiles for Realistic Evaluations of Residential Energy Systems Including PV Systems	67
Computer Based Analysis of Distributed Wind Farms for Reactive Power Management in Sub-Transmission Grids	74
Regulatory and Market Framework Conditions – Regulierungs-, Markt- und Rahmenbedingungen	81
Connected Charging Services for Electric Vehicles: Analysis for Identifying Smart Charging Strategies in Distributed Energy Systems	83
The Standby Power of Low Power Equipment Must Be Reduced under 100 Milliwatt	89
Status of the National Implementation of the NC RfG in Germany	94
Energy Storage Systems – Energiespeicher	101
Dynamic Requirements on LFP Batteries used for Providing Virtual Inertia	103
Optimization of Cogeneration by Seasonal Heat Storage in an Aquifer	108
A Predictive Control Strategy for Battery Energy Storage Systems to combine Peak Shaving with Primary Frequency Control	113
Underground Pumped Hydroelectric Energy Storage in South Africa using Aquifers and Existing Infrastructure	119
Enhancing Chiller Efficiencies via use of Cold Energy Storage	123
Grid Integration – Netzintegration	131
SmartExergy – Primary Energy Efficient and Hybrid Grid Solutions for Municipal Energy Supply Systems	133
Power Theory as Basis for the Control of Grid-Connected Converter Systems	140
Implementation and Compatibility Analysis of Dynamic Voltage Support and Unintentional Islanding Capability of Power-Electronic Generators	146
Schedule Coordination for Technically and Economically Optimized Virtual Power Plants	153

Fuel Cell and Battery Systems – Brennstoffzellen- und Batteriesysteme	161
Pressure-Dependent Operation of Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells; Exemplified by Aircraft Applications	163
A novel PEM Electrolysis System with Dynamic Hydraulic Compression for an Optimized High-pressure Operation	169
Model-based Lifetime Analysis of 2 nd -life Lithium-Ion Battery Storage Systems for Stationary Applications	175
Charging Strategy for a Residential Battery Storage System using Fuzzy Logic Controller	182
Posters	191
Meshed On-Bord Power Supply of Aircrafts	193
Anti-Islanding Detection in Low Voltage Grids	194
Autonomous Emergency Power Supply for the Population below the Threshold of Critical Infrastructures	195
Testing Container for Controllable Membrane Units in PEM Fuel Cells	196
High-Voltage Testing Container for new Power Electronic Circuit Concepts	197
NetzHarmonic – Optimizing Efficiency and Grid Compatibility from the View of Harmonics of Generation Plants	198
Measurement Container for the Time- and Frequency-Dependent Grid Impedance Identification on the 110 kV High Voltage Level	199
Excursion to the 110-kV-Main-Distribution-Station in Hamburg-Jenfeld – Exkursion zum Umspannwerk Jenfeld	201
Energy-Slam 2016	209
List of Authors	213