Technik

Manuel Pietsch

Vergleich eigenverbrauchsoptimierender Operationsstrategien für PV-Speichersysteme

Bachelorarbeit

Diplom.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlages. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2015 Diplom.de
ISBN: 9783956366031

https://www.diplom.de/document/311715

Manuel Pietsch

Vergleich eigenverbrauchsoptimierender Operationsstrategien für PV-Speichersysteme

Diplom.de

Kurzfassung

Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass die Nutzung von PV-Anlagen mit Energiespeichern auf dem heutigen Stand der Technik finanziell nicht rentabel ist. Bei weiter steigenden Strompreisen und der Weiterentwicklung von Energiespeichern wird jedoch ein lukrativer Einsatz von PV-Speichersystemen in naher Zukunft prognostiziert. Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Rentabilität dieser Systeme liegt in der Optimierung der Operationsstrategie des Energiespeichers. Hierfür wurden neun verschiedene Operationsstrategien untersucht. Diese wurden in SimSES, einem in Matlab geschriebenen Tool zur Simulation von stationären Energiespeichern, implementiert und simuliert. Dafür wurde ein einjähriges Standardlastprofil für Haushalte, ein PV-Erzeugerprofil aus Falkenstein in der Oberpfalz der Jahre 2007 bis 2012 und die Parameter eines Prototypen eines Ortsnetzspeichers verwendet. Anhand der Simulationsergebnisse wurde ein Vergleich sowie eine Bewertung der implementierten Operationsstrategien erstellt. Bewertungskriterien sind der Eigenverbrauchsanteil, die Rate der Abregelungsverluste sowie die Stromkosten abzüglich der Einspeisevergütung. Unter der Vorraussetzung einer perfekten Wetterprognose wurden mit der Operationsstrategie self consumption optimum avoiding curtailment losses die besten Ergebnisse erzielt. Für einen prognoseunabhängigen Betrieb des PV Speichersystems wurden, trotz hoher Abregelungsverluste, die besten Ergebnisse mit der Operationsstrategie greedy erzielt. Einen Kompromiss bietet die Operationsstrategie feed-in damping mit guten Ergebnissen für sämtliche Bewertungskriterien. Die für die Funktionsweise dieser Operationsstrategie erforderliche zeitliche Vorhersage des Sonnenuntergangs ist mit überschaubarem Aufwand und hoher Präzision möglich. Aufgrund saisonaler Abhängigkeit der Bewertung einiger der Operationsstrategien ist eine Optimierung der Wirtschaftlichkeit eines PV-Speichersystems durch einen hybriden Betrieb mit zwei oder mehr Operationsstrategien vorstellbar. Die Frage, ob die Nutzung eines Energiespeichers für PV-Anlagenbesitzer mit den untersuchten Operationsstrategien wirtschaftlich rentabel ist, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden.

Abstract

Scientific Studies have shown, that the utilization of PV power plants with integrated energy storage isn't profitable according to the present-day state of the art. Because of the continuously rising electricity prices and the evolution of the electrical energy storage devices however a lucrative utilization of PV storage systems is predicted for the near future. To enhance the profitability of these systems the operation strategies of the energy storage systems can be optimized. Nine different operation strategies were investigated. They were implemented and simulated with SimSES, a tool written in Matlab for simulating electrical home storage systems. Therefor a one-year period standardized load profile conforming households, a PV-profile from Falkenstein in East-Bavaria, generated from 2007 to 2012, and the parameters of a prototype of a residential storage system were used. On the basis of the simulation results a comparison and a evaluation of the implemented operation strategies was made. Evaluation criteria are the self-consumption rate, the curtailment loss ratio as well as the electricity costs reduced by the feed-in remuneration. Provided that a perfect weather forecast is available best results were achieved by the operation strategy self-consumption optimum avoiding curtailment losses. Operating the PV storage system independent of forecasts, best results were achieved with the operation strategy greedy, despite high curtailment losses. A compromise to achieve good results for all evaluation criteria is made with feed-in damping. The temporal forecast of sunset, the functional principle of this operation strategy is depending on, is attainable with small effort and high precision. Because of the seasonal dependency of some of the operation strategies, an optimization of the profitability of PV storage systems with a hybrid operation of two or more operation strategies is imaginable. The question, whether the utilization of a energy storage with the investigated operation strategies is profitable for PV plant owners couldn't be answered in this thesis.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis (bei Bedarf) **III**

Symbolverzeichnis (bei Bedarf) **IV**

1 Einleitung **1**

2 Grundlagen **3**

2.1 Anwendungsfälle dezentraler Speicher . . . 3

2.1.1 Eigenverbrauchsoptimierung in Haushalten . . . 3

2.1.2 Eigenverbrauchsoptimierung im Gewerbe . . . 5

2.1.3 Versorgung netzferner Verbraucher und PV-Diesel-Hybridsysteme . . . 5

2.1.4 Erbringung von Primärregelleistung . . . 5

2.1.5 Vermarktung des Speichers an Fahrplanenergie- und Reservemärkten . . . 6

2.1.6 Vermeidung von Netzausbaumaßnahmen . . . 6

2.2 Operationsstrategien . . . 6

2.2.1 Operationsstrategie greedy . . . 11

2.2.2 Operationsstrategie schedule mode . . . 12

2.2.3 Operationsstrategie schedule mode with constant charging power . . . 13

2.2.4 Operationsstrategie fixed feed-in limit . . . 14

2.2.5 Operationsstrategie feed-in damping . . . 15

2.2.6 Operationsstrategie antigreedy . . . 16

2.2.7 Operationsstrategie dynamic feed-in limit . . . 17

2.2.8 Operationsstrategie dynamic feed-in limit with balancing . . . 18

2.2.9 Operationsstrategie self consumption optimum avoiding curtailment losses 20

2.3 Simulationsumgebung . . . 21

2.3.1 Last-/ Erzeugerprofil . . . 21

2.3.2 Simulationsobjekt . . . 22

2.3.3 SimSES . . . 22

3 Methodik und Analyse der Operationsstrategien **25**

3.1 Aufbau und Implementierung der Operationsstrategien . . . 25

3.1.1 Operationsstrategie greedy . . . 25

3.1.2 Operationsstrategie schedule mode . . . 26

3.1.3 Operationsstrategie schedule mode with constant charging power . . . 27

3.1.4 Operationsstrategie fixed feed-in limit 29
3.1.5 Operationsstrategie feed-in damping 30
3.1.6 Operationsstrategie antigreedy 33
3.1.7 Operationsstrategie dynamic feed-in limit 37
3.1.8 Operationsstrategie dynamic feed-in limit with balancing 40
3.1.9 Operationsstrategie self consumption optimum avoiding curtailment losses 41
3.2 Tagesbetrachtung des Speicherverhaltens bei verschiedenen OS 44
3.2.1 Operationsstrategie greedy 45
3.2.2 Operationsstrategie schedule mode 47
3.2.3 Operationsstrategie schedule mode with constant charging power 49
3.2.4 Operationsstrategie fixed feed-in limit 51
3.2.5 Operationsstrategie feed-in damping 53
3.2.6 Operationsstrategie antigreedy 55
3.2.7 Operationsstrategie dynamic feed-in limit 57
3.2.8 Operationsstrategie dynamic feed-in limit with balancing 59
3.2.9 Operationsstrategie self consumption optimum avoiding curtailment losses 61

4 Auswertung und Ergebnisse 63
4.1 Vergleich von SCR und CLR 63
4.2 Wirtschaftlicher Vergleich 69
4.3 Diskussion der Ergebnisse 71
4.4 Limitationen der Ergebnisse 74

5 Zusammenfassung und Ausblick 75

Literaturverzeichnis 77

Abbildungsverzeichnis 79

Tabellenverzeichnis 82

Abkürzungsverzeichnis (bei Bedarf)

BDEW ..... Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
CLR ..... Rate der Abregelungsverluste (engl. curtailment loss ratio)
EEG ..... Erneuerbare-Energien-Gesetz
KfW ..... Kreditanstalt für Wiederaufbau
OS ..... Operationsstrategie
SCR ..... Eigenverbrauchsanteil (engl. self-consumtion ratio)
SOC ..... Ladezustand (engl. state of charge)
SOH ..... Gesundheitszustand (engl. state of health)
SSR ..... Autarkiegrad (engl. self-supply ratio)

Symbolverzeichnis (bei Bedarf)

C_{Batt} ..... SpeicherkapazitÃ¤t
d ..... Tagesnummer
$E_{\text{BattConsumed}}$ .... Energiebezug aus der Batterie
P_{Charge} ..... Ladeleistung
E_{Consumed} ..... Gesamtverbrauch
E_{Curtail} ..... Abregelungsverluste
E_{FromGrid} ..... Netzbezug
E_{Last} ..... Energieverbrauch
E_{PV} ..... Erzeugte Solarenergie
$E_{\text{PVConsumed}}$ ..... Energiebezug aus der der PV-Anlage
E_{ToGrid} ..... Netzeinspeisung
P_{Curtail} ..... Verlorene Leistung durch Abregelung
$P_{\text{Discharge}}$ ..... Entladeleistung
$P_{\text{Feed-InLimit}}$ ..... Einspeisegrenze
P_{Residual} ..... Residuallast
P_{ToGrid} ..... Einspeiseleistung
p_{el} ..... Strompreis
$p_{\text{Feed-In}}$ ..... EinspeisevergÃ¼tung
$Q_{\text{BattRemain}}$ ..... noch verfÃ¼gbare SpeicherkapazitÃ¤t
SCR_{max} ..... Tagesmaximum der Eigenverbrauchsrate
SCR_{min} ..... Tagesminimum der Eigenverbrauchsrate
SCR_{Norm} ..... tagesweise normierte Eigenverbrauchsrate
t ..... Zeitpunkt
t_{Sunset} ..... Zeitpunkt des Sonnenuntergangs