

Kurzfassung

Eine der Herausforderungen von Mikronetzen, die unter dem Einfluss eines hohen Anteils an intermittierenden erneuerbaren Energiequellen stehen, ist ihre effektive und zuverlässige Steuerung. Die modellprädiktive Steuerung ist ein vielversprechender Ansatz zur Lösung dieses Problems für einen bestimmten Zeithorizont, da sie die Integration einer kostenminimierenden Zielfunktion und von Systemgrenzen unter Berücksichtigung von Strombedarf und -angebot ermöglicht.

Ein agentenbasiertes Modellvorhersagesteuerungsschema wurde als zweistufige Architektur entwickelt, die auf einem Konsensalgorithmus für Systeme mit mehreren Agenten basiert und einen Leistungsausgleich für das Mikronetz und eine zentralisierte Modellvorhersagesteuerung bietet, die darauf abzielt, die Steuerungsprozesse zu rationalisieren, um die erwarteten Ziele zu erreichen.

Bei der Untersuchung der simulierten Ergebnisse wurde die erwartete Korrelation der Ergebnisseigenschaften und Kontrollparameter festgestellt. Zusätzlich wurden die Situationen mit dem höchsten Verbesserungsgrad der erhaltenen Ergebnisse im Vergleich zu den Ergebnissen von Referenzkontrollarchitekturen erörtert.

Basierend auf den Ergebnissen, kann in den meisten getesteten Datensätzen, die mit einer realen Mikronetzlösung gemessen wurden, eine signifikante Kostenreduzierung festgestellt werden. Daher kann sich die Implementierung der vorgeschlagenen Steuerung als angemessen und vorteilhaft für die Betreiber und der angeschlossenen Kunden von Mikronetzen erweisen.

Stichwörter: Microgrid, Multi-agentenbasierte Steuerung, MPC, Consensus

Abstract

One of the challenges of microgrids under the influence of high shares of intermittent renewable energy sources (RES) is their effective and reliable control. Model predictive control (MPC) is a promising approach to solve this problem for a specified time horizon since it allows integrating of a cost minimizing objective function and system boundaries while taking power demand and supply into account.

An agent-based MPC scheme was developed as a two level architecture based on multi-agent control system (MAS) consensus algorithm providing power balance in the microgrid and centralized MPC that is aspiring to streamline the control processes to reach the targeted objectives.

During the examination of the simulated results, the expected correlation of the result properties and control parameters was found. Additionally, the situations with the highest improvement ratio in comparison with results of the reference control architecture were discovered and analysed.

Based on the results, a significant cost reduction can be seen in most of the tested datasets that were measured on a real-life microgrid solution. Therefore, the implementation of the suggested control can prove to be appropriate and beneficial for microgrid operators and grid customers.

Keywords: Microgrid, Multi-agent control, MPC, Consensus

Contents

| | |
|--|-----------|
| Acronyms | 1 |
| 1 Introduction | 3 |
| 2 Microgrid Control Concepts | 5 |
| 2.1 The Microgrid | 5 |
| 2.1.1 Microgrids components | 8 |
| 2.1.2 Microgrids types | 11 |
| 2.1.3 Demand side management | 12 |
| 2.2 Typical Microgrid Controllers | 15 |
| 2.2.1 Decentralised control architecture | 16 |
| 2.2.2 Centralised control architecture | 19 |
| 2.2.3 Distributed Multi-Agent control architecture | 20 |
| 2.3 The Concept of Model Predictive Control | 23 |
| 2.3.1 MPC formulation | 25 |
| 2.3.2 MPC solution | 26 |
| 3 Use case | 31 |
| 3.1 Demonstration site Simris | 31 |
| 3.1.1 Simris components | 31 |
| 3.2 Measured Data | 32 |
| 3.3 Other used data | 34 |
| 3.4 Reference control algorithm | 34 |
| 4 Modelling the Controller | 37 |
| 4.1 Control structure | 38 |
| 4.2 Distributed MAS control | 40 |
| 4.2.1 Laplacian matrices | 40 |
| 4.2.2 Multi-agent system control constraints | 41 |
| 4.2.3 Update rules | 42 |
| 4.2.4 Algorithm implementation | 43 |
| 4.3 Model predictive control | 45 |
| 4.3.1 Designed model | 46 |
| 4.3.2 Data forecast | 47 |
| 4.3.3 Cost function | 48 |
| 4.3.4 Prediction constraints | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 5 Exemplary Results | 51 |
| 5.1 Evaluation metrics | 51 |
| 5.1.1 Economical metrics | 51 |
| 5.1.2 Power exchange metrics | 52 |
| 5.1.3 battery energy storage system (BESS) metrics | 52 |
| 5.2 Simulation results | 53 |
| 5.2.1 Control parameters settings | 53 |
| 5.2.2 Simulation of complete data | 58 |
| 6 Conclusion | 61 |
| List of Figures | 63 |
| List of Tables | 65 |