

Abstract

Islanded microgrids are small electric power networks that have no connection to a larger grid. They can be found, for example, in remote places, such as, islands or rural areas. Islanded microgrids typically comprise storage, renewable and conventional units as well as local loads. The central question of this work is: How to operate islanded microgrids with very high renewable share, i.e., how to control the energy of the storage units and how to maximize infeed from uncertain renewable sources without compromising a safe operation?

To answer this question, different model predictive control (MPC) schemes for the operation of microgrids are deduced. These can be distinguished by the way they handle uncertain load and renewable infeed. Namely, they are: certainty equivalence MPC, minimax MPC, risk-neutral stochastic MPC, and risk-averse MPC.

All schemes are posed in computationally tractable ways and compared in numerical case studies. These indicate that the way uncertain load and renewable infeed are modeled has a significant impact on safety and performance. Among the considered approaches, risk-averse MPC is most suitable as it provides robustness to misestimated forecasts and unlikely events which translates into low costs and a safe operation.

Kurzfassung

Microgrids im Inselbetrieb sind kleine elektrische Netze ohne Verbindung zu einem größeren Netz. Sie sind in entlegenen Regionen wie Inseln oder ländlichen Gegenden zu finden. Microgrids im Inselbetrieb beinhalten typischerweise Speicher, erneuerbare und konventionelle Einheiten sowie Verbraucher. Die zentrale Frage dieser Arbeit lautet: Wie können Microgrids mit hohem Anteil erneuerbarer Erzeuger als elektrische Insel betrieben werden, d. h., wie sollte die gespeicherte Energie geregelt werden, und wie kann man erneuerbare Einspeisung maximieren, ohne die Versorgungssicherheit zu gefährden?

Um diese Frage zu beantworten, werden unterschiedliche Ansätze zur modellprädiktiven Regelung (model predictive control, MPC) hergeleitet. Diese unterscheiden sich darin, wie unsichere erneuerbare Erzeugung und Last modelliert werden. Konkret handelt es sich um sicherheitsäquivalente MPC, robuste MPC, risikoneutrale stochastische MPC und risikoaverse MPC.

Alle Ansätze werden so hergeleitet, dass sie mit existierenden Verfahren numerisch gelöst werden können und in Simulationsstudien miteinander verglichen. Diese Studien zeigen, dass die Modellierung von unsicherer erneuerbarer Erzeugung und Last einen großen Einfluss auf Versorgungssicherheit und Kosten hat. Unter den betrachteten Ansätzen wurde die risikoaverse MPC als tauglich für Microgrids im Inselbetrieb identifiziert, da sie robust gegenüber fehlerhaften Vorhersagen und unwahrscheinlichen Ereignissen ist und zu einen sicheren Betrieb mit niedrigen Kosten führt.