

- **Multi-Agenten-basierte Strategien zum Teilnetzbetrieb und zur Unterstützung des Netzwiederaufbaus aus Verteilnetzen**

M.Sc. Manswet Banka

Hauptberichter:

Prof. Dr.-Ing. K. Rudion

Mitberichterin:

Prof. Dr.-Ing. Ines Hauer

Technische Universität Clausthal

Tag der mündlichen Prüfung:

10.11.2023

Die Arbeit adressiert die Unterstützung der Netzführung nach Störungen und während des Netzwiederaufbaus durch aktive Verteilnetze. Die herkömmlichen Strategien des Netzwiederaufbaus nutzen bisher das steigende Potential der auf Verteilerebene installierten Erzeuger nicht aus. Dies wird jedoch mit einer fortschreitenden Dezentralisierung der Erzeugung notwendig werden.

In der Arbeit ist ein System dargestellt, das aus einem virtuellen Bereich in Form eines Multi-Agenten-Systems und aus einem Bereich des elektrischen Energieversorgungssystems in Form eines 20-kV-Netzgebiets besteht. Das Multi-Agenten-System ist für die hochautomatisierte Koordination des Betriebes im Netzgebiet während einer Störung im überlagerten Netz verantwortlich. Das System weist dabei drei Hauptfunktionalitäten auf: Es soll ein stabiles Teilnetz bei drohendem Blackout bilden können und dabei das Teilnetz hochfahren, falls die Teilnetzbildung nicht erfolgreich ist. Ist dies der Fall, soll sich das Teilnetz mit dem überlagerten Netz resynchronisieren, wenn der Fehler behoben wurde. Die vorgeschlagenen Konzepte, in denen diese Funktionalitäten implementiert sind, wurden simulativ in speziell dafür vorbereiteter Ko-Simulationsumgebung untersucht. Hierbei wurden für die Definition der Last-/Erzeugungsvarianten unter anderem die Prognosen aus dem Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan 2035 verwendet.

Bei der Modellierung des elektrischen Bereiches wurden wichtige Aspekte wie Kommunikationslatenzen bei der zeitkritischen Teilnetzbildung, der Cold-Load-Pickup-Effekt und das Verhalten der Erzeugungsanlagen nach VDE-AR-N 4105 berücksichtigt. Die für die Netzführung notwendigen Daten wurden mittels Zustandsschätzung ermittelt.

Die Simulationen haben bestätigt, dass die erwartete Funktionalität des Systems erzielt wird. Die Ergebnisse der Simulationen lassen erwarten, dass die aktiven Verteilnetze die Qualität des Netzwiederaufbaus aufgrund der Nutzung dezentraler Anlagen erhöhen können.

- **Multi-Agent Based Strategies for Power System Island Operation and System Restoration Support from Distribution Grids**

M.Sc. Manswet Banka

The thesis addresses the support of the system operation after grid faults and during grid restoration by active distribution grids. The traditional strategies of grid restoration do not use the growing potential of the generation installed at the distribution level. This will be however a necessity taking into account the ongoing decentralization of the generation of electric power.

Within the conducted work a system was created, which combines a virtual domain in a form of a multi-agent system, and a domain of electric energy system in form of 20 kV distribution grid area. The multi-agent system is responsible for high automated coordination of the operation of the grid area during faults in the overlaid grid levels. The system has three main features. Firstly, it should build a stable grid island in case of threatening black-out. If this was not successful, the multi-agent system should energize and perform the start-up of the grid area. After the fault in the overlaid grid was cleared, the islanded grid area should be resynchronized with the bulk system. The proposed concepts, which implement these functionalities, were tested by the means of simulations using a co-simulation environment, which was developed specially for this purpose.

The most important aspects were taken into account during modelling of the electric domain. Among other things the forecasts from the German Network Development Plan 2035 were used to define the load/generation scenarios for the simulations. The behavior of the generation units was modelled to fulfill the requirements of the German standard VDE-AR-N 4105, whereas the loads exhibited Cold Load Pickup effect. Moreover, the communication delays during the time critical building of island grid were taken into account. The most important data required for the operation of the analyzed grid area are determined using state estimation techniques.

The performed simulations have confirmed that the expected features can be achieved. They anticipate that the active distribution grids will help enhancing the quality of the grid restoration service thanks to the usage of the distribution energy resources.