

- **Optimierte Netzplanung von Verteilnetzen unter Berücksichtigung von konventionellem Netzausbau, Batteriespeichern und dynamischer Spitzenkappung**
M.Sc. Ouafa Laribi

Hauptberichter:

Prof. Dr.-Ing. K. Rudion

Mitberichter:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Leibfried

KIT Karlsruhe

Tag der mündlichen Prüfung:

20.04.2022

Die zunehmende Integration von erneuerbaren Energien in Deutschland treibt die Transformation des Stromnetzes voran. Erneuerbare Energieanlagen, die dezentral im Verteilnetz verbreitet sind, ersetzen zunehmend fossile Kraftwerke, die überwiegend auf der Übertragungsebene eingesetzt sind. Dieser Übergang zu mehr erneuerbaren Energien erfordert den Ausbau von höheren Transportkapazitäten im Verteilnetz. In manchen Regionen in Deutschland kommt der konventionelle Netzausbau allerdings aufgrund von schleppenden Neubaugenehmigungen nur langsam voran. Deshalb ist heutzutage neben dem unerlässlichen klassischen Netzausbau eine bessere Ausnutzung des Bestandnetzes erforderlich, um die geplanten Ziele der Energiewende zu erreichen. Dies erfordert einen Netzplanungsansatz, welcher unterschiedliche Lösungen und Maßnahmen berücksichtigt. Diese Arbeit präsentiert eine neue Planungsmethode für Verteilnetze, die neben dem klassischen Netzausbau mit Freileitungen und Kabeln innovative Planungsinstrumente wie Batteriespeichersysteme oder die dynamische Spitzenkappung zur Netzoptimierung und -verstärkung nutzt. Die vorgeschlagene Planungsmethode wurde als automatisierter Planungsalgorithmus in einer zeitreihenbasierten Umgebung implementiert. Ausgehend von den gewählten Planungsinstrumenten ermittelt der Planungsalgorithmus die bedarfsorientierten und kostengünstigsten Maßnahmen zur Optimierung und Verstärkung des betrachteten Netzes, um prognostizierte Engpässe zu verhindern.

Die resultierenden Maßnahmen aus dem Planungsalgorithmus hängen von dem betrachteten Netz, dem Ausbauszenario für erneuerbare Energien und von der Netzspannungsebene ab. Der Einsatz der vorgeschlagenen Planungsmethode an einem realen Hochspannungsnetz in Deutschland hat ergeben, dass die Nutzung der zeitreihenbasierten dynamischen Spitzenkappung neben dem konventionellen Netzausbau zu einer Verringerung der benötigten Freileitungsmaßnahmen auf ca. 63 % im Falle des Netzausbaus mit Freileitungen, und auf 51 % im Falle des Netzausbaus mit Kabeln führen kann.

Dabei können die Gesamtkosten der Netzausbaumaßnahmen durch den Einsatz der dynamischen Spitzenkappung um ca. 30 % im Vergleich zum Netzausbau mit Freileitungen und ca. 43 % im Vergleich zum Netzausbau mit Kabeln reduziert werden.

Darüber hinaus haben die Ergebnisse des Planungsalgorithmus erwiesen, dass der Einsatz von Batteriespeichern in Kombination mit der dynamischen Spitzenkappung und dem konventionellen Netzausbau mit Kabeln zu einer Reduktion der benötigten Kabelmaßnahmen auf ca. 40.5 % führen kann. Gleichzeitig können die Gesamtnetzausbaukosten um ca. 46 % im Vergleich zum Netzausbau mit Kabeln reduziert werden.

Der kombinierte Einsatz von Freileitungen und dynamischer Spitzenkappung hat sich für das betrachtete Hochspannungsnetz als kostengünstigste Planungsvariante erwiesen. Im Falle von stockenden Neubaugenehmigungen könnte ein kombinierter Einsatz von Kabeln, Batteriespeichern und dynamischer Spitzenkappung eine mögliche Alternative sein, auch wenn dies mit mehrfachen Kosten im Vergleich zum Netzausbau mit Freileitungen verbunden ist.

Die vorgeschlagene Planungsmethode stellt eine zuverlässige Abhilfe für eine wirtschaftliche und bedarfsorientierte Netzplanung dar. Sie ermöglicht auch unterschiedliche Netzausbauvarianten durch den Einsatz von Flexibilitäten wie Batteriespeichern und dynamischer Spitzenkappung, um eine höhere Nutzung des Bestandnetzes zu erreichen und den konventionellen Netzausbau zu reduzieren.

- **Optimized Planning of Distribution Power Grids considering Conventional Grid Expansion, Battery Systems and Dynamic Power Curtailment**

M.Sc. Ouafa Laribi

The increasing integration of renewable energies is driving the transformation of the power grid in Germany. Renewable energy sources, which are mostly allocated in distribution grids, are replacing fossil power plants, that are mostly applied in the transport grid. This shift to more renewable energies entails the expansion of the power transport capacities in the distribution grid. The conventional expansion of the power grid in Germany is, however, proceeding slowly, due to the delay in the authorization procedures. Therefore, new solutions that enable a higher utilization of the existing grid must be adopted besides the classical grid expansion in order to achieve the planned energy transition goals.

This research work presents a new grid planning method which applies innovative technologies, in addition to the conventional planning instruments with overhead and cables, to optimize and expand the existing grid. The innovative planning instruments

considered are battery storage systems and dynamic power curtailment. The proposed approach has been implemented in a time series-based framework as an automated planning algorithm. Based on the selected planning instruments, the planning algorithm determines for a given distribution grid the tailored and most cost-efficient measures to prevent prognosticated grid congestion.

The results of the planning algorithm depend on the considered grid, the renewable expansion scenario and the grid voltage level. The application of the proposed planning method on a real high-voltage grid has revealed that the use of dynamic power curtailment in the grid planning in addition to the conventional grid expansion reduces the required overhead lines to 63 % in case of grid expansion with overhead lines. In case of grid expansion with underground cables, the required cables could be reduced to 51 % through the application of the dynamic power curtailment. The total expansion costs could be, thereby, decreased by about 30 % as compared to the grid expansion with mere overhead lines, and by about 43 % as compared to the grid expansion with mere underground cables.

Furthermore, the results of the planning algorithm have proven that the application of battery storage systems in the grid planning in combination with the dynamic power curtailment and the conventional grid expansion with cables could lead to a reduction of the required cables to about 40.5 %. At the same time, the total costs of the grid expansion can be reduced by about 46 % as compared to the grid expansion costs based on cables.

The combined application of overhead lines and dynamic power curtailment has proven to be the most economical planning variant for the considered high-voltage grid. Nonetheless, in case of slow authorization processes for the conventional grid expansion with overhead lines, a combined application of underground cables, Battery storage systems and dynamic power curtailment can be conceivable although several times more expensive than the first variant.

The proposed planning methodology provides a reliable remedy for an economical and need-based planning of the grid. In case of faltering conventional grid expansion, the planning method enables different expansion variants using flexibilities, such as battery storage systems and dynamic power curtailment to reach a higher utilization of the existing grid and reduce the application of conventional measures such as overhead lines and cables.