

MODELLIERUNG DER ZUKÜNFTIGEN NETZNUTZUNG ELEKTRISCHER ÜBERTRAGUNGSSYSTEME ALS STOCHASTISCHER PROZESS

Andreas MOORMANN¹, Oliver SCHEUFELD¹, Simon KRAHL¹,
Albert MOSER¹

Inhalt

Die Betriebsplanung und -führung stellen Kernaufgaben europäischer Übertragungsnetzbetreiber zur Gewährleistung einer sicheren und zuverlässigen Versorgung mit elektrischer Energie dar. Durch den rasanten Anstieg der Anzahl von Erzeugungsanlagen auf Basis der sogenannten erneuerbaren Energien (EE-Anlagen) und der damit verbundenen Erzeugungskapazität sowie der von der EU forcierten Integration nationaler Märkte für elektrische Energie zu einem gemeinsamen Markt ist die Komplexität dieser Kernaufgaben in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Einerseits ist dies durch die Volatilität der EE-Anlagen begründet, andererseits durch die Intensivierung der länderübergreifenden Energieflüsse im europäischen Verbundsystem.

Der aktuell von den Mitgliedern des „European Network of Transmission System Operators for Electricity“ (ENTSO-E) durchgeführte Prozess zur vortäglichen Betriebsplanung („Day-Ahead Congestion Forecast“ (DACF)) basiert auf stündlichen, deterministischen Prognosen für die Einspeisung, den Verbrauch und den Handel elektrischer Leistung. Die Prognoseunsicherheit, d.h. eine potenzielle Differenz zwischen der Prognose und dem tatsächlich auftretenden Wert, findet hierbei keine Berücksichtigung. Aus der Prognose aller Lasten und Einspeisungen im betrachteten Netzbereich resultiert ein Netznutzungsfall (NNF), der als Eingangsdatum für Netzberechnungen und -analysen ((z.B. Lastflussrechnungen, Ausfallsimulationen (N-1)) dient. Die Ergebnisse dieser Berechnungen bzw. Analysen erlauben Aussagen zu zukünftigen Netzzuständen und liefern Hinweise für kritische Situationen, die ein Eingreifen der Betriebsführung erfordern (z.B. Redispatch, Schaltmaßnahmen, etc.). Eine mögliche Strategie zur Reduktion des erforderlichen Umfangs und der Komplexität der Eingangsdaten stellt die Identifikation repräsentativer NNF dar. Mit Hilfe dieser repräsentativen NNF ist es möglich, jene NNF, die im Rahmen des Betriebsplanungsprozesses ermittelt werden, einer Gruppe von NNF zuzuordnen, die ähnliche Eigenschaften aufweisen. Weiterhin lassen sich mit Hilfe der Modellierung zukünftiger NNF als stochastischer Prozess, die Wahrscheinlichkeiten für den Übergang zweier aufeinanderfolgender NNF bzw. der Gruppen, den sie zugeordnet sind, bestimmen. Für jede Gruppe können bereits im Vorfeld („offline“) Maßnahmen bzw. optimale Schaltzustände ermittelt und bewertet werden. Zudem ist es möglich, diese Information zur Ermittlung von Schaltzuständen zu verwenden, die für eine Vielzahl aufeinanderfolgender NNF gültig sind.

Methodik

Der erste Schritt des Verfahrens ist die Zusammenfassung zeitlich aufeinander folgender, historischer NNF mit ähnlichen Eigenschaften in Gruppen (sogenannten Clustern). Dabei ist die Anzahl der Cluster vordefiniert. Somit ist es möglich, alle NNF eines Clusters durch einen einzigen NNF zu repräsentieren. Bei diesem repräsentativen NNF handelt es sich um das sogenannte Clusterzentrum. Das Verfahren nutzt zum Clustering zum einen das meta-heuristische Verfahren der Partikelschwarm-Optimierung (PSO). Die PSO findet die besten Clusterzentren nach einer bestimmten Anzahl von Iterationen in einem zufallsgesteuerten und nicht-willkürlichen Prozess. Zum anderen wird der k-Means Algorithmus genutzt, um der PSO sinnvolle Startlösungen vorzugeben. Auf diese Weise wird die Ergebnisgüte signifikant verbessert und die benötigte Rechenzeit reduziert.

Die Cluster können als möglicher zukünftiger Zustand der Netznutzung definiert werden. Auf Basis der Clusterergebnisse werden anschließend die entsprechenden Erwartungswerte der Zustandsübergänge und -dauern bestimmt.

¹ Forschungsgemeinschaft für elektrische Anlagen und Stromwirtschaft (FGH) e.V., Roermonder Straße 199,
Tel.: +49 241 997 857-16, +49 241/997857-22, andreas.moormann@fgh-ma.de, www.fgh-ma.de

Auf Basis dieser Informationen kann das stochastische Verhalten der Netznutzung mittels eines Markoff-Prozesses dargestellt werden. Hierzu werden die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Clustern berechnet.

Der Markoff-Prozess wird in der Energieversorgung unter anderem erfolgreich zur Zuverlässigkeitsanalyse verwendet. Die Eingangs- und Ausgangsdaten des Verfahrens sind in Abbildung 1 dargestellt. Mit Hilfe dieses stochastischen Prozesses können Aussagen über den grundsätzlichen Verlauf der Netznutzung getroffen werden. Insbesondere können z.B. zukünftige NNF einem entsprechenden Cluster zugeordnet werden und mögliche Folgezustände bestimmt werden. Das Verfahren wird in der Langfassung detailliert beschrieben.

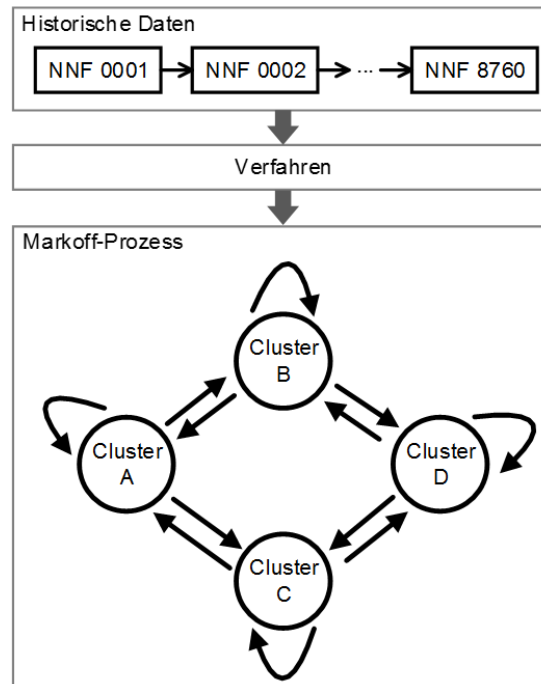


Abbildung 1: Schematischer Überblick.

Ergebnisse

Das entwickelte Verfahren wurde mit Hilfe historischer NNF, welche aus DACF-basierten Prognosen ermittelt wurden, getestet. Aus dem Ergebnis des Clusterings lassen sich die Verteilungen der NNF innerhalb eines Clusters gewinnen und darstellen. In einem folgenden Schritt kann aus diesen Verteilungen abgeleitet, ob die NNF eines Clusters bspw. durch einen NNF oder das Ergebnis einer Monte-Carlo-Simulation repräsentiert werden können. Weiterhin wird die Zuordnung von NNF überprüft, die nicht Teil der historischen Datenbasis, die zur Erstellung der Cluster verwendet worden sind, sind. Dabei muss sichergestellt sein, dass zwei zeitlich aufeinanderfolgende NNF Clustern zugeordnet werden, die im Markoff-Modell einen Zustandsübergang aufweisen. Eine mögliche Anwendung des resultierenden homogenen Markoff-Modells ist die Verwendung als Eingangsdatum für die Ermittlung robuster Schaltzustände. Diese Schaltzustände zeichnen sich dadurch aus, dass sie für eine Vielzahl aufeinanderfolgender NNF gültig sind. Somit wird die Anzahl der Schalthandlungen reduziert.