

PLANUNGSORIENTIERTE SIMULATION KURATIVER MAßNAHMEN IM DEUTSCHEN ÜBERTRAGUNGSNETZ

Katharina KOLLEND^{1*}, André HOFFRICHTER¹, Maximilian SCHNEIDER^{1*},
Alexander SCHRIEF^{1*}, Albert MOSER¹

Hintergrund und Zielsetzung

Der Einsatz kurativer Maßnahmen im operativen Engpassmanagement ist ein vielversprechender Ansatz für die effizientere Nutzung der bestehenden Transportkapazitäten des elektrischen Übertragungsnetzes und die Reduzierung kostenintensiver Engpassmanagementmaßnahmen (EMM) [1], [2], [3]. Im Gegensatz zur heutigen, üblicherweise rein präventiven Durchführung von markt- und netzbezogenen Maßnahmen zur Erfüllung des (n-1)-Kriteriums, werden kurative Maßnahmen erst nach Eintreten eines Fehlerfalls unter Ausnutzung der temporären Überlastfähigkeit der Betriebsmittel durchgeführt. Hierfür sind Technologien mit ausreichend kurzen Reaktionszeiten notwendig. Angesichts der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit von Fehlerfällen bieten kurative Maßnahmen das Potential, den Bedarf an präventiven Maßnahmen zu reduzieren.

Zur Abschätzung des theoretischen Potentials verschiedener Konzepte und Ausprägungen für den Einsatz kurativer EMM können planungsorientierte Verfahren zur Simulation des Übertragungsnetzbetriebs eingesetzt werden. Die hierbei erzielten Ergebnisse können als Grundlage für die Ausgestaltung betriebsorientierter Simulationsmodelle dienen, die die Restriktionen und Prozesse der realen Betriebsplanung und Systemführung genauer abbilden.

Ziel dieses Beitrags ist die Vorstellung eines planungsorientierten Simulationsverfahrens. Mit diesem wird der Einfluss verschiedener Annahmen zur temporären Überlastfähigkeit der Betriebsmittel, die eine wesentliche Randbedingung in der Ausgestaltung kurativer Betriebskonzepte darstellt, auf den EMM-Einsatz untersucht. Auf dieser Basis werden konzeptionelle Ansätze notwendiger Weiterentwicklungen für eine betriebsorientierte Simulation diskutiert, die im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Forschungsprojektes „Innovationen in der Systemführung bis 2030“ (InnoSys 2030) geplant sind.

Modellierung und Verfahrensablauf

Der grundlegende Verfahrensablauf der eingesetzten planungsorientierten Methode zur Simulation des Übertragungsnetzbetriebs [1] ist in Abbildung 1 gezeigt. Mit einer AC-Leistungsflussberechnung werden initiale Arbeitspunkte bestimmt, auf Basis derer eine Ausfallsimulation mit Hilfe linearer Sensitivitätsfaktoren (LODF) durchgeführt wird. Zur Auflösung der hierbei ermittelten Netzengpässe werden präventive und kurative EMM in der Netzbetriebsoptimierung zentral koordiniert. Die Formulierung erfolgt als gemischt-ganzzahliges, lineares Optimierungsproblem mit linear abgebildeten Netzrestriktionen. Zielgröße der Optimierung ist die Minimierung der Kosten für EMM. Wesentliche Nebenbedingungen sind die Einhaltung der dauerhaft und temporär zulässigen Stromgrenzwerte PATL² und TATL³ und der Leistungsbilanz sowie der technischen und betrieblichen Restriktionen sämtlicher präventiver und kurativer Stellgrößen. Als Freiheitsgrade des Engpassmanagements stehen alle netz- und marktbezogenen EMM gemäß §13 EnWG zur Verfügung. Hinzu kommen Potentiale aus dem Verteilungsnetz sowie die Abregelung der Erzeugung von Erneuerbaren Energieanlagen.

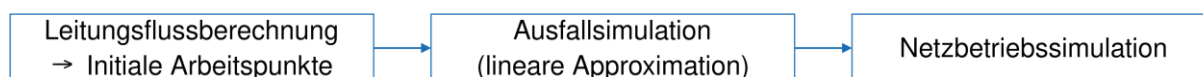


Abbildung 1 Verfahrensablauf des planungsorientierten Modells zur Simulation des Übertragungsnetzbetriebs

¹ IAEW an der RWTH Aachen University, Schinkelstr. 6, 52062 Aachen, Deutschland, Tel.: +49 (241) 80 92472, E-Mail: k.kollenda@iaew.rwth-aachen.de, Internet: www.iaew.rwth-aachen.de.

² Permanently Admissible Transmission Loading (PATL)

³ Temporarily Admissible Transmission Loading (TATL)

EMM werden endogen über eine kostenminimierende Zielfunktion und Netznebenbedingungen verknüpft. In der kurativen Netzbetriebsführung wird die Strombelastung jeder Leitung im Grundfall durch den dauerhaft zulässigen Stromgrenzwert I_{PATL} begrenzt. Unter Ausnutzung der temporären thermischen Überlastfähigkeit der Freileitungen ist im (n-1)-Fehlerfall eine Erhöhung des Stromes bis auf das Niveau des zum Zeitpunkt der Wirkung kurativer EMM temporär zulässigen Stromgrenzwertes I_{TATL} zulässig. Durch den Einsatz kurativer EMM muss die Strombelastung wieder auf ein Niveau unterhalb von I_{PATL} gesenkt werden. Beide Stromgrenzwerte bestimmen sich als Minimum der im jeweiligen Zeitraum gültigen thermischen Grenzen sowie einer absoluten oberen Grenze, die von weiteren limitierenden Faktoren, wie z.B. von der Schutzauslegung oder Grenzen der Spannungsstabilität, definiert wird. Die thermischen Grenzen sind abhängig von Art und Beschaffenheit der stromführenden Leiter, der Vorbelastung und von Witterungsbedingungen.

Ergebnisse

Anhand eines exemplarischen Zukunftsszenarios werden Jahreslaufsimulationen unter Variation der Annahmen zu den Stromgrenzwerten I_{PATL} und I_{TATL} durchgeführt, um deren Einfluss auf den EMM-Einsatz zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen eine starke Abhängigkeit des Potentials kurativer Maßnahmen von der unterstellten temporären Überlastfähigkeit der Betriebsmittel und der angenommenen absoluten oberen Grenze der Strombelastbarkeit. In den untersuchten Varianten kommt es zu einem umfangreichen Einsatz kurativer Maßnahmen. Dies führt jedoch zu starken Leistungsanpassungen im Fehlerfall und kann potentiell die Systemstabilität beeinflussen.

Grenzen der Untersuchungen und Ausblick

Im Rahmen der zur Abschätzung des Potentials kurativer Maßnahmen verwendeten planungsorientierten Simulation werden die technischen und betrieblichen Restriktionen der Betriebsplanungs- und Systemführungsprozesse teils stark vereinfacht abgebildet. Um auf Grundlage der hiermit gewonnenen Erkenntnisse praxistaugliche Betriebskonzepte für kurative Maßnahmen zu entwickeln, bedarf es einer betriebsorientierten Simulation, welche die Restriktionen genauer abbildet. Der beobachtete starke Einfluss der Annahmen für die Stromgrenzwerte PATL und TATL auf den EMM-Einsatz unterstreicht die Relevanz einer exakten Bestimmung dieser Parameter unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden physikalischen Vorgänge und relevanten Einflussfaktoren (Leitungsparameter, Vorbelastung, Witterung, Reaktionszeiten der kurativen Freiheitsgrade). Die Betrachtung ist neben Freileitungen auch auf Transformatoren und Kabel auszuweiten. Anstelle der Annahme einer perfekten Voraussicht über den vollständigen Untersuchungszeitraum (Tage bis Jahre), ist eine hochaufgelöste Betrachtung des vor- und untertägigen Zeitbereichs in einem rollierenden Verfahren unter Berücksichtigung von Unsicherheiten notwendig. Die Validität der identifizierten EMM-Kombinationen ist aus Sicht der Systemstabilität zu prüfen und mögliche Transitionspfade für deren Umsetzung zu ermitteln.

Referenzen

- [1] Hoffrichter, K. Kollenda, und M. Schneider, "Simulation of Curative Congestion Management in Large-Scale Transmission Grids," in 2019 54rd International Universities Power Engineering Conference (UPEC), Bucharest, 2019.
- [2] T. van Leeuwen, "Einfluss von Unsicherheiten und Flexibilität auf den deutschen Übertragungsnetzbetrieb", Dissertation, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, RWTH Aachen University, Aachen, 2018.
- [3] S. C. Müller, "Techno-economic analysis of congestion management in the European transmission system under consideration of flexibility and uncertainty", Dissertation, TU Dortmund, Dortmund, 2015.

Förderhinweis

Dieser Beitrag wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) innerhalb des Forschungsprojektes "Innovationen in der Systemführung bis 2030 (InnoSys2030)" gefördert (FKZ: 0350036).