

EINFLUSS EINER REDUNDANZANFORDERUNG FÜR KURATIVE MAßNAHMEN AUF DAS POTENZIAL DER KURATIVEN NETZBETRIEBSFÜHRUNG

Tobias SOUS^{1*}, André HOFFRICHTER², Katharina KOLLEND^{1*}, Albert MOSER¹

Hintergrund und Zielsetzung

Der verstärkte Zubau von erneuerbaren Energieanlagen (EE) führt zu einem steigenden Energietransportbedarf im europäischen Übertragungsnetz, woraus sich ein erhöhter Bedarf an Engpassmanagementmaßnahmen (EMM) ergibt. Das Konzept der kurativen Netzbetriebsführung stellt eine Möglichkeit zur effizienteren Nutzung der bestehenden Netzinfrastruktur und zur Senkung der Kosten für Engpassmanagement dar. Hierbei werden EMM für eine betrachtete Ausfallsituation nicht präventiv umgesetzt, sondern erst nach Auftreten eines Betriebsmittelausfalls. Im störungsfreien Grundfall (n-0) kann das Netz bei einer kurativen Netzbetriebsführung somit höher ausgelastet werden, was den Bedarf an präventiven EMM verringert. Da die Umsetzung kurativer EMM erst nach einem Betriebsmittelausfall beginnt, erfolgt eine kurzfristige Überschreitung der permanent zulässigen Auslastung (PATL³) verbleibender Betriebsmittel im Zeitraum zwischen Ausfallereignis und vollständiger Wirksamkeit der kurativen EMM. Die Höherauslastbarkeit hängt hierbei von den thermischen Reserven der Betriebsmittel ab und ist damit zeitlich begrenzt. [1, 2]

Die angestrebte Höherauslastung im Grundfall (n-0) bei Einsatz von kurativen Netzbetriebsführungskonzepten führt das Übertragungsnetz näher an seine physikalischen Grenzen, weshalb die Systemsicherheit bei der Untersuchung genannter Konzepte immer stärker in den Fokus rückt. Insbesondere Nichtverfügbarkeiten von kurativen EMM gefährden den sicheren Systembetrieb, da sie zur dauerhaften Überlastung von Betriebsmitteln führen können. Im Gegensatz zur präventiven Netzbetriebsführung bleibt bei der kurativen Umsetzung von Maßnahmen deutlich weniger Zeit auf Nichtverfügbarkeiten oder Störungen zu reagieren und entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten. Für eine praktische Umsetzung von kurativen Netzbetriebsführungskonzepten besteht deshalb ein Ziel darin, die Zuverlässigkeit von kurativen EMM zu erhöhen. Die Besicherung von kurativen EMM durch redundante Auslegung dieser stellt dabei einen möglichen Ansatz dar. [1, 3]

Die Redundanzanforderung für kurative EMM bewirkt, dass für jede kurativ behandelte (n-1)-Situation weitere redundante Maßnahmen zur Verfügung stehen müssen und vorgehalten werden, was eine zusätzliche Nebenbedingung bei der Dimensionierung des Engpassmanagements darstellt. Ziel dieses Beitrags ist die Untersuchung der Reduktion des Höherauslastungspotenzials kurativer Netzbetriebsführung, wenn für alle kurativen EMM eine Redundanzmaßnahme gefordert wird. Dazu wird ein Optimierungsverfahren zur geschlossenen Bestimmung von kurativen EMM mit entsprechenden Redundanzmaßnahmen vorgestellt.

Redundanzkonzept für kurative Maßnahmen

Um Redundanz für kurative EMM zu erreichen, werden kurative Ersatzmaßnahmen (im Folgenden „Redundanzmaßnahmen“ genannt) mit äquivalenter Wirkung für die Engpassbehebung geplant. Folglich werden im betrachteten Konzept für jede kurativ behandelte (n-1)-Situation sowohl eine primäre kurative EMM als auch eine kurative Redundanzmaßnahme ermittelt. Im Falle einer Nichtverfügbarkeit der primären EMM kann somit die redundante kurative EMM umgesetzt werden. Die zeitlich versetzte Aktivierung von primärer und redundanter EMM wirkt sich hierbei auf die Dimensionierung der EMM aus.

¹ IAEW an der RWTH Aachen University, Schinkelstr. 6, 52062 Aachen, Deutschland, Tel.: +49 (241) 80 96711, E-Mail: t.sous@iaew.rwth-aachen.de, Internet: www.iaew.rwth-aachen.de

² Amprion GmbH, Robert-Schuman-Straße 7, 44263 Dortmund, Deutschland, Tel.: +49 231 5849-16587, E-Mail: andre.hoffrichter@amprion.net, Internet: www.amprion.net

³ Permanently Admissible Transmission Loading (PATL)

Modellierung und Verfahrensablauf

Im Rahmen des verwendeten Verfahrens zur Simulation des Übertragungsnetzbetriebs [4, 5] werden bestehende Netzengpässe auf Basis einer Ausfallapproximation mittels linearer Sensitivitätsfaktoren (LODF) ermittelt. Zur Behebung dieser wird ein gemischt-ganzzahliges Optimierungsproblem (MILP) mit linear abgebildeten Netzrestriktionen aufgestellt. Die Dimensionierung präventiver und kurativer EMM erfolgt koordiniert durch eine geschlossene Formulierung des Optimierungsproblems. Zielgröße der Optimierung ist die Minimierung der Kosten für EMM. Wesentliche Nebenbedingungen sind die Einhaltung der dauerhaft und temporär zulässigen Stromgrenzwerte PATL und TATL⁴ und der Leistungsbilanz sowie der technischen und betrieblichen Restriktionen sämtlicher präventiver und kurativer Stellgrößen. Als Freiheitsgrade des Engpassmanagements stehen alle netz- und marktbezogenen EMM sowie weitere Potenziale durch die Abregelung von EE zur Verfügung.

Die Ermittlung der kurativen Redundanzmaßnahmen erfolgt im Optimierungsproblem durch das Duplizieren der Variablen und Nebenbedingungen für die Abbildung des Netzzustandes nach Einsatz der kurativen EMM. Hierdurch wird erreicht, dass sowohl der Einsatz der primären als auch der redundanten kurativen EMM geeignet sind, um die Leitungsauslastung wieder auf ein Niveau unterhalb des PATL zu führen. Aufgrund der gewählten Modellierung ist eine vorgelagerte Aufteilung der kurativen EMM in zwei disjunkte Mengen, welche entweder als primäre oder redundante Freiheitsgrade eingesetzt werden können, erforderlich.

Ergebnisse und Ausblick

Anhand eines exemplarischen Zukunftsszenarios werden Netzbetriebssimulationen für ein exemplarisches Jahr unter Variation der einsetzbaren Freiheitsgrade für primäre und redundante kurative EMM durchgeführt. Die resultierenden jährlichen präventiven Bedarfe an EMM werden anschließend verglichen, um den Einfluss der Redundanzanforderung zu bestimmen. Als Referenz dienen weitere Simulationen bei denen keine Redundanz für kurative EMM gefordert wird sowie eine Berechnung des EMM-Bedarfs bei rein präventiver Netzbetriebsführung.

Die gewählte Modellierung geht mit einer vorgelagerten Aufteilung der kurativen EMM in primär und redundant einsetzbare Freiheitsgrade einher, die Einfluss auf Gesamtpotenzial des kurativen Engpassmanagements hat. Die weitere Reduktion des präventiven EMM-Bedarfs durch eine auf die Engpasssituation angepasste Maßnahmeneinteilung ist Gegenstand zukünftiger Entwicklungen.

Referenzen

- [1] T. van Leeuwen, A.-K. Meinerzhagen, S. Raths, and A. Roehder, "Integration kurativer Maßnahmen in das Engpassmanagement im deutschen Übertragungsnetz," in *2020 16. Symposium Energieinnovation, Graz/Austria*, Feb. 2020 - Feb. 2020.
- [2] D. Westermann *et al.*, "Curative actions in the power system operation to 2030," in *International ETG-Congress 2019; ETG Symposium, 2019*, pp. 1–6.
- [3] K. Kollenda, A. Hoffrichter, M. Schneider, A. Schrief, and A. Moser, "Planungsorientierte Simulation kurativer Maßnahmen im Deutschen Übertragungsnetz," in *2020 16. Symposium Energieinnovation, Graz/Austria*, Feb. 2020 - Feb. 2020, pp. 1–12.
- [4] A. Hoffrichter, "Verfahren zur Betriebssimulation zukünftiger elektrischer Übertragungsnetze," Dissertation, RWTH Aachen.
- [5] A. Hoffrichter, K. Kollenda, M. Schneider, and R. Puffer, "Simulation of Curative Congestion Management in Large-Scale Transmission Grids," in *2019 54th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, Bucharest, Romania, Sep. 2019 - Sep. 2019, pp. 1–6.

⁴ Temporary Admissible Transmission Loading (TATL)