Validierung eines Schnellbewertungstools von elektrischen Netztopologien zur Skalierung von RES und modernen Lasten auf der Niederspannungsebene

(3) Integrierte Netze der Zukunft

Anna TRAUPMANN[[1]](#footnote-1)(1), Thomas KIENBERGER(1)

(1) Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Energieverbundtechnik

Motivation und zentrale Fragestellung

Der Ausbau der Erneuerbaren Energiequellen (RES) und die Integration moderner Lasten (Elektrofahrzeuge (EV), Wärmepumpen (HP)) sind bereits vorhandene Herausforderungen im elektrischen Energiesystem. Die damit verbundenen zunehmenden Erzeugungsüberschüsse und –engpässe müssen zeitlich (z.B. über Speicher) und örtlich über Netze ausgeglichen werden. [1-4] Die elektrischen Netze stellen derzeit eine infrastrukturelle Schwachstelle der Energiewende dar, da die elektrischen Speicher- und Übertragungskapazitäten begrenzt sind. [5] Wie die Entwicklungen der letzten Jahre zeigen [6-12], sind einige Netze jedoch besser dafür gerüstet, die zusätzlichen Belastungen durch die zunehmende Einbindung von RES, EV und HP zu verkraften, was zu einem großen Teil auf die Netztopologie zurückzuführen ist.

Um effizient eine Aussage zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit elektrischer Netze treffen zu können, wird in dieser Arbeit ein Bewertungstool vorgestellt, mit dem eine auf rein topologischen Daten basierende Analyse durchgeführt wird. Mit den Ergebnissen der Analyse können Rückschlüsse auf die maximal möglichen Ausbaugrade von RES, EV und HP gezogen werden ohne Netzentlastungsmaßnahmen einzusetzen.

Methodische Vorgangsweise

Für das Netzbewertungstool zur Leistungsfähigkeitsbeurteilung elektrischer Netze werden unterschiedliche Stabilitätsparameter herangezogen, die sich aus rein topologischen Daten berechnen. Grundlage bilden die aus der Graphentheorie stammenden mathematisch-topologischen sowie physikalisch-betrieblichen Parameter ([13-16]), welche im Rahmen dieser Analyse mit elektrischen Netzstabilitätsparametern (Kurzschlussleistung, Vermaschungsgrad) zur besseren Beurteilung erweitert werden (siehe Abbildung 1). Über diese Parameteranalyse können Schwachstellen im Netz erkannt, Aussagen über die Gesamtperformance abgeleitet und kritische Netzpunkte identifiziert werden.



Abbildung 1: Parameter des Schnellbewertungstools elektrischer Netze

Um den Einfluss der Topologie auf die Leistungsfähigkeit der Netze hinsichtlich Integration moderner Lasten und RES herauszufinden, müssen Ausbauszenarien der einzelnen Technologien definiert und berechnet werden. Der Ausbau wird linear erhöht, bis das gewählte Referenznetz an seine Leistungsgrenze stößt und Überlastungen (Spannungsbandverletzungen und/oder Leitungsüberlastungen) auftreten. Sind die Belastungsgrenzen des Referenznetzes der jeweiligen Spannungsebene sowie die zugehörigen topologischen Parameter bekannt, können beliebige Netze derselben Spannungsebene hinsichtlich ihrer Topologie analysiert werden. Über die topologischen Parameter können so die möglichen Ausbaugrade moderner Lasten und RES zugeordnet werden.



Abbildung 2: Methodische Vorgehensweise des Schnellbewertungstools elektrischer Netztopologien und Ablaufschema der durchgeführten Validierung dieser Arbeit

Der wesentliche Vorteil dieses Schnellbewertungstool ist, dass neben rein topologischen Größen auch betriebliche Größen beurteilt werden können. Dennoch wird nur eine geringe Datenbasis, die keine vollständige Lastflussberechnung beinhaltet, benötigt, um maximal mögliche Ausbaugrade zu ermitteln ohne weitere netzentlastende Maßnahmen zu integrieren.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Mittels der vorgestellten Methode zur Leistungsfähigkeitsbewertung werden die Referenzgrößen (topologische Parameter und maximal mögliche Ausbaugrade) für ein Niederspannungsreferenznetz ([17]) berechnet. In dem vorgestellten Tool wird dieses Niederspannungsreferenznetz herangezogen, um die Bezugswerte zu erstellen, über die dann beliebige, andere Netze beurteilt werden können. Um eine Validierung zu ermöglichen, werden die topologischen Parameter für mehrere der Realität entsprechende Niederspannungsnetze des ENTSO-E Systems berechnet. Durch die Berechnung unterschiedlicher Ausbaugrade von EV, HP und Photovoltaik (PV) bei Haushaltsverbrauchern und Gewerben über vollständige Lastflussrechnungen, werden auch die Belastungsgrenzen der realen Netze bestimmt. Anschließend werden die errechneten Referenzwerte mit den Werten der realen Niederspannungsnetze verglichen. Anhand dieses Vergleichs kann festgestellt werden, in welchem Ausmaß die topologischen Größen von jenen des Referenznetzes abweichen können, damit ähnliche Ausbaugrade erreicht werden können. Dadurch kann erkannt werden wie sensitiv die maximal möglichen Ausbaugrade auf Änderungen der topologischen Größen reagieren.

Aus den erhaltenen Ergebnissen der topologischen Größen können im weiteren auch entsprechende Netzentlastungsmaßnahmen definiert werden, welche einen weiteren Ausbau erneuerbarer Energien und moderner Lasten ermöglichen.

Literatur

[1] Papadis, E.; Tsatsaronis, G.: Challenges in the decarbonization of the energy sector, Energy 205 (2020), doi: https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118025.

[2] Bird, L.; Milligan, M.; Lew, D.: Integrating Variable Renewable Energy: Challenges and Solutions, Technical Report NREL/TP-6A20-60451, National Renewable Energy Laboratory, 2013.

[3] Mancarella, P.: MES (multi-energy systems): An overview of concepts and evaluation models, Energy (Invited Paper), 2014, doi: 10.1016/j.energy.2013.10.041.

[4] Mancarella, P.: Smart Multi-Energy Grids: Concepts, Benefits and Challenges, IEEE PES General Meeting, San Diego, US, July 2012.

[5] Winter, W.; Elkington, K.; Bareux, G.; Kostevc, J.: Pushing the Limits – Europe´s New Grid: innovative Tools to Combat Transmission Bottlenecks and Reduced Inertia, IEEE Power and Energy Magazine (Volume 13, Issue 1), 2015.

[6] FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG GMBH: Skandinavische Elektromobilität: Norwegen profitiert vom Elektroauto-Boom. URL http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/neue-mobilitaet/norwegens-regierung-setzt-auf-elektroautos-14538376.html. –Aktualisierungsdatum: 2017-05-22 –Überprüfungsdatum 2017-05-22.

[7] INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION: 2015 Global electric vehicle trends: Which markets are up (the most) | International Council on Clean Transportation. URL http://www.theicct.org/blogs/staff/2015-global-electric-vehicle-trends –Überprüfungsdatum 2017-05-04.

[8] ØYSTEIN SAGOSEN: Analysis of Large Scale Integration of Electric Vehicles in Nord-Trøndelag. Norwegian University of Science and Technology, Department of Electric Power Engineering. Master Thesis. June 2013.

[9] TØNNE, E. ; SAND,K. ; FOOSNÆS, J. A. ; PAULSEN, R.: Integration of distributed generation into mv distribution grid in Norway -the Namsskogan case. In: CIRED workshop: 29-30 May 2012, Lisbon congress centre, Lisbon, Portugal. [Stevenage] : IET, 2012, S. 146.

[10] Electric Charging -Can Global Grids Withstand an EV Boom?, URL https://www.automotive-iq.com/powertrain/articles/electric-charging-can-global-grids-withstand-ev-boom –Überprüfungsdatum 2017-06-08.

[11] SSB-STATISTICS NORWAY: Statistics on Energy consumption in Households, Tabelle 10571: Household by main heating source 2012. URL https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectVarVal/saveselections.asp.

[12] RAP (The Regulatory Assistance Project); ICCT (International Council on Clean Transportation): Electric Vehicle Grid Integration in the U.S., Europe, and China – Challenges and Choices for Electricity and Transportation Policy, July 2013.

[13] Bompard, E.; Napoli, R.; Xue, F.: Analysis of structural vulnerabilities in power transmission grids, International Journal of Critical Infrastructure Protection 2, 2009, 5-12.

[14] Hines, P.; Blumsack, S.; Cotilla Sanchez, E.; Barrows, C.: The Topological and Electrical Structure of Power Grids, Hawaii International Conference on System Science (HICSS), IEEE Xplore, 2010.

[15] Atkins, K.; Chen, J.; Anil Kumar, V.S.; Marathe, A.: Structural Analysis of Electrical Networks, International Conference on Critical Infrastructure (CRIS), Alexandria, VA, September, 2006.

[16] Atkins, K.; Chen, J.; Anil Kumar, V.S.; Marathe, A.: The structure of electrical networks: A graph theory-based analysis, International Journal of Critical Infrastructure, Vol. 5, No. 3, 2009.

[17] Traupmann, A.; Kienberger, T.: Test Grids for the Integration of RES – A Contribution for the European Context, Energies, 13, 2020, doi.org/10.3390/en13205431.

1. Jungautorin, Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben, +43 4842 4025414, anna.traupmann@unileoben.ac.at, www.evt-unileoben.at [↑](#footnote-ref-1)