

IDENTIFIKATION AUSLEGUNGSRELEVANTER KURZSCHLÜSSE IN MITTEL- UND NIEDERSPANNUNGSGLEICHSTROMNETZEN

Raphael BLEILEVENS¹, Albert MOSER¹

Hintergrund und Motivation

Aufgrund der Entwicklungen auf dem Gebiet der Leistungselektronik und der gestiegenen Bedeutung der Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) für das Elektrizitätsversorgungssystem rücken Gleichstromnetze auch auf Mittel- und Niederspannungsebene zunehmend in den Fokus der Forschung. So wird beispielsweise im Projekt „Direct Current Components + Grid“ (DCC+G) [1] die Nutzung eines Niederspannungsgleichstromnetzes zur Verteilung in Gebäuden untersucht und der Forschungscampus Flexible Elektrische Netze (FEN) [2] untersucht Mittel- und Niederspannungsgleichstromnetze für die öffentliche Elektrizitätsversorgung.

Für die Planung von Mittel- und Niederspannungsgleichstromnetzen ist äquivalent zur Planung von Drehstromnetzen die Kenntnis der maximalen Kurzschlussströme zur wirtschaftlich angemessenen Auslegung stromführender Betriebsmittel notwendig. Dabei ist für die erforderliche Kurzschlussstromberechnung zur Reduktion des Rechenbedarfs die Kenntnis über die auslegungsrelevanten Kurzschlüsse erforderlich. Aus diesem Grund ist das Ziel dieser Arbeit die Identifikation der auslegungsrelevanten Kurzschlüsse in Mittel- und Niederspannungsgleichstromnetzen.

Mittel- und Niederspannungsgleichstromnetzen

Der Aufbau von Mittel- und Niederspannungsgleichstromnetze unterscheidet sich vom Aufbau heutiger Mittel- und Niederspannungsnetze im Wesentlichen durch die benötigten Umrichter und Gleichspannungswandler an den Schnittstellen zu anderen Netzen [3]. Ansonsten werden wie für Drehstromnetze die stromführenden Betriebsmittel Leitungen, Sammelschienen, Leistungsschalter und ggf. Trennschalter benötigt. Hinsichtlich der Ausführung dieser stromführenden Betriebsmittel im Vergleich zu Drehstrombetriebsmitteln können jedoch deutliche Unterschiede existieren. Bspw. ist das Funktionsprinzip heutiger Leistungsschalter nicht anwendbar für Gleichstromnetze. Aber auch die Ausgestaltung von Leitungen kann sich unterscheiden, da für Gleichstromsysteme unterschiedliche Stations- und Leitungskonfigurationen möglich sind [4]. Nach [5] sind dabei insbesondere die monopolen Systeme für die Mittel- und Niederspannungsebene relevant. Die monopolen Systeme (asymmetrischer Monopol und symmetrischer Monopol) sind in Abbildung 1 dargestellt.

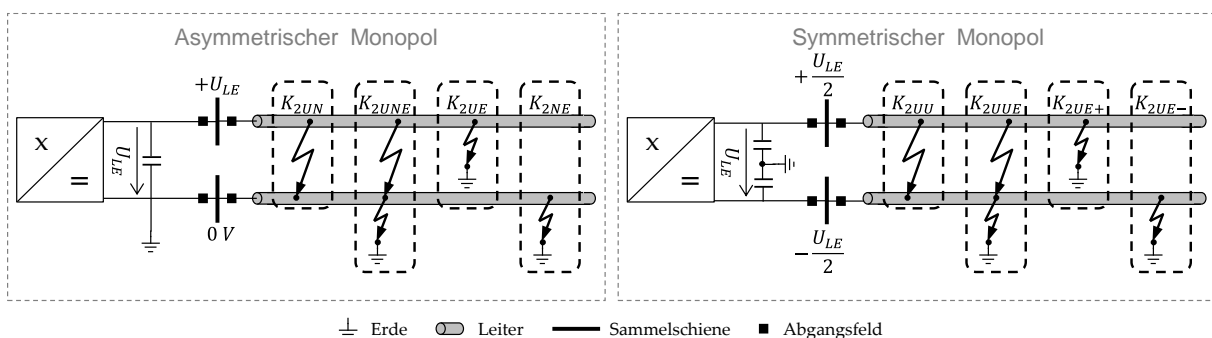


Abbildung 1: Asymmetrischer Monopol und symmetrischer Monopol mit den möglichen Kurzschlussarten

Wie zu erkennen ist, sind unterschiedliche Kurzschlussarten für den asymmetrischen und den symmetrischen Monopol möglich. Hinsichtlich dieser Kurzschlussarten werden im Rahmen dieser Arbeit die für die vorgestellten stromführenden Betriebsmittel relevanten Kurzschlussarten identifiziert. Zudem hat die Kurzschlussposition einen wesentlichen Einfluss auf den von den stromführenden

¹ IAEW der RWTH Aachen University, Schinkelstraße 6, 52062 Aachen, Deutschland, Tel.: +49 (0)241 80 - 93049, r.bleilevens@iaew.rwth-aachen.de, www.iaew.rwth-aachen.de

Betriebsmitteln erfahrenen Kurzschlussstrom, sodass neben den relevanten Kurzschlussarten auch die relevanten Kurzschlusspositionen identifiziert werden.

Methodischer Ansatz

Zur Identifikation der relevanten Kurzschlussarten und –positionen werden transiente Berechnungen für die möglichen Kurzschlussarten und verschiedene Kurzschlusspositionen für exemplarische, vermaschte 6-Knoten Gleichstromnetze durchgeführt. Diese transienten Berechnungen basieren auf einer numerischen Zeitverlaufsimulation, durchgeführt mit PLECS, welches ein Simulationstool speziell für leistungselektronische Systeme darstellt. Somit erlaubt PLECS die detaillierte Berücksichtigung des Verhaltens von Umrichtern und Gleichspannungswandlern im Kurzschlussfall. Anhand der berechneten Kurzschlussstromverläufe jedes stromführenden Betriebsmittels werden abschließend mithilfe von Bewertungskenngrößen die relevanten Kurzschlussarten und –positionen identifiziert. Bei den Bewertungskenngrößen handelt es sich um die aus der Drehstromkurzschlussstromberechnung bekannten Stoßkurzschlussströme und thermisch äquivalenten Kurzzeitströme [6].

Ergebnisse

Für den asymmetrischen Monopol wurden zwei relevante Kurzschlussarten ermittelt, zum einen der zweipolige Kurzschluss mit Erdberührung K_{2UNE} und zum anderen der zweipolige Kurzschluss ohne Erdberührung K_{2UN} . Für den symmetrischen Monopol haben sich ebenfalls der zweipolige Kurzschluss mit Erdberührung K_{2UUE} und der zweipolige Kurzschluss ohne Erdberührung K_{2UU} als relevante Kurzschlussarten herausgestellt, wobei beide Kurzschlussarten dieselben Kurzschlussströme verursachen.

Hinsichtlich der relevanten Kurzschlusspositionen hat sich herausgestellt, dass die Betrachtung von Kurzschlüssen an Sammelschienen und direkt hinter Abgangsfeldern von Sammelschienen ausreicht, um die auslegungsrelevanten Kurzschlussströme zu berechnen.

Danksagung

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, FKZ03SF0488), Forschungscampus Flexible Elektrische Netze (FEN)

Referenzen

- [1] U. Boeke, R. Weiß, A. Mauder, L. Hamilton, and L. Ott, "White Paper: Efficiency Advantage Efficiency Advantages of ± 380 V DC Grids in Comparison with in Comparison with 230 V/400 V AC Grids,"
- [2] Bundesministerium für Bildung und Forschung, "Der Forschungscampus Flexible Elektrische Netze," https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Der_Forschungscampus_Flexible_Elektrische_Netze.pdf.
- [3] J. Priebe, N. Wehbring, and A. Moser, "Design of Medium Voltage DC Grids– Impact of Power Flow Control on Grid Structure," 2018 53rd International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2018.
- [4] M. K. Bucher, "Transient Fault Currents in HVDC VSC Networks During Pole-to-Ground Faults," Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich, 2014.
- [5] R. Bleilevens, J. Priebe, N. Wehbring, and A. Moser, "Reliability Analysis of DC Distribution Grids," 54th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2019.
- [6] G. Balzer, D. Nelles, and C. Tuttas, Kurzschlussstromberechnung nach IEC und DIN EN 60909-0 (VDE 0102):2002-07: Grundlagen, Anwendung der Normen, Auswirkungen der Kurzschlussströme, 2nd ed. Berlin: VDE Verlag GmbH, 2009.