

# MODELLIERUNG EINER PEM-ELEKTROLYSEANLAGE ZUR UNTERSUCHUNG DES VERHALTENS BEI DC-KURZSCHLÜSSEN FÜR DIE BEWERTUNG VON SCHUTZKRITERIEN

Jakob LEIDE(\*)<sup>12</sup>, Michael BRUHNS<sup>13</sup>, Peter SCHEGNER<sup>14</sup>

## Einleitung

Die Installationsleistung von Elektrolyseanlagen (ELA) zur Herstellung von Wasserstoff mit Strom aus regenerativen Energiequellen wird voraussichtlich in den kommenden Jahren stark ansteigen. Damit geht eine steigende Bedeutung der Versorgungssicherheit von ELAn einher. Die Untersuchung leistet einen Beitrag zur Entwicklung eines Schutzkonzeptes für ELAn zur Erhöhung der Versorgungssicherheit.

In dem vorliegenden Beitrag wird die elektrische Energieversorgung einer ELA in einem Simulationsmodell in der Software PLECS nachgebildet. Damit werden das Betriebsverhalten des Systems und das Verhalten bei DC-Kurzschlüssen untersucht, um den Einsatz von verschiedenen Schutzkriterien für den Schutz von ELAn zu bewerten. In dem Modell wird ein 18MW-PEM-Elektrolyseur mit einem 24-Puls Thyristorgleichrichter simuliert.

## Modellaufbau

Die elektrische Energieversorgung einer ELA ist in Abbildung 1 dargestellt.

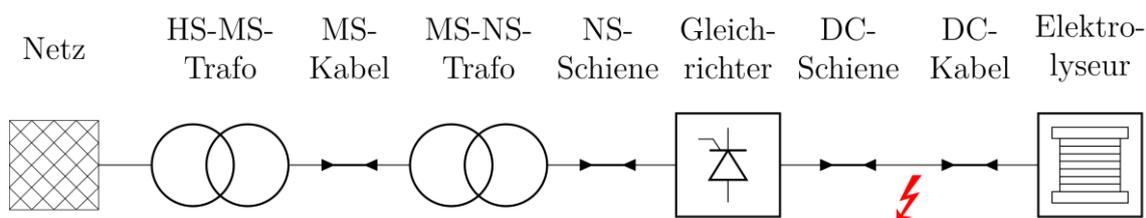


Abbildung 1: Blockschaltbild des Simulationsmodells

Ein besonderer Fokus liegt auf der Modellierung des Elektrolyseurs, um bei einem DC-Kurzschluss untersuchen zu können, welchen Anteil der Beitrag des Elektrolyseurs an dem Kurzschlussstrom liefert.

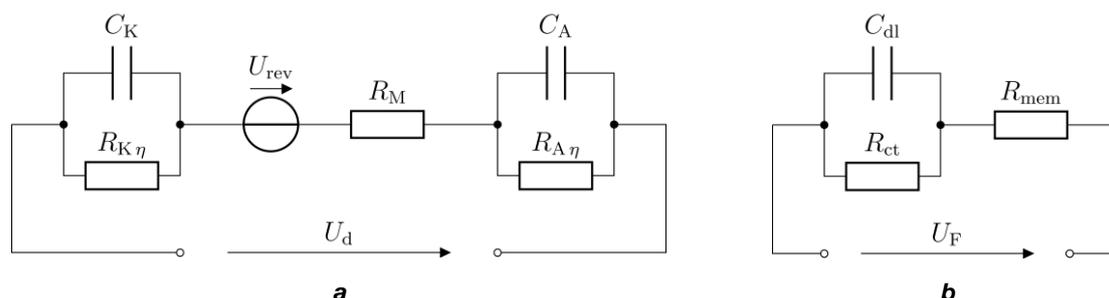


Abbildung 2: Elektrisches Ersatzschaltbild eines Elektrolyseurs; **a** im Normalbetrieb (siehe [1]); **b** bei Speisung eines DC-Fehlers

Die Parameter des elektrischen Ersatzschaltbildes eines Elektrolyseurs, wie in Abbildung 2a, können auf Grundlage der Literatur, bspw. mit [1] und [2], berechnet werden. Die Kapazitäten modellieren die

<sup>1</sup> Technische Universität Dresden, Professur für Elektroenergieversorgung, Toepler Bau, Mommsenstraße 12, D-01069 Dresden, <https://tu-dresden.de/ing/elektrotechnik/ieeh/ev/die-professur/kontakt>

<sup>2</sup> jakob.leide@mailbox.tu-dresden.de

<sup>3</sup> +49 351 46335088, michael.bruhns@tu-dresden.de

<sup>4</sup> +49 351 46333202, peter.schegner@tu-dresden.de

Doppelschichtkapazitäten, die sich an den Elektroden des Elektrolyseurs bilden und die bei einem DC-Kurzschluss über die Fehlerstelle entladen werden und somit einen Beitrag zum Fehlerstrom liefern. Dieses elektrische Ersatzschaltbild eines Elektrolyseurs ist nur im Normalbetrieb gültig. Für den Kurzschluss muss ein anderes Modell angenommen werden. Ein solches Ersatzschaltbild ist in Abbildung 2b gezeigt. Es wird in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich anhand von experimentellen Kurzschlussuntersuchungen an Elektrolyseuren abgeleitet.

Im Normalbetrieb werden verschiedene Arbeitspunkte sowie dynamische Wechsel zwischen den Arbeitspunkten untersucht. Dadurch werden Vergleichsgrößen für den DC-Kurzschluss ermittelt. Zur Untersuchung des Kurzschlussstromes und des Kurzschlussstrombeitrags des Elektrolyseurs werden folgende Parameter variiert und deren Einfluss auf die Kurzschlussgrößen bestimmt.

- Ort, an dem der DC-Kurzschluss eingelegt wird
- Arbeitspunkt zum Kurzschlusseintritt
- Impedanz des vorgelagerten AC-Netzes
- Impedanz der Fehlerstelle

Anhand der Simulationsergebnisse werden Empfehlungen für den Schutz von Elektrolyseuren getroffen und Ansätze zur Erkennung von DC-Fehlern in der elektrischen Energieversorgung von ELAn entwickelt. Dafür werden die folgenden Schutzkriterien betrachtet:

- Stromstärke und Stromrichtung
- Spannung an der DC-Sammelschiene
- $di/dt$  und  $I^2t$ .

## Ergebnisse

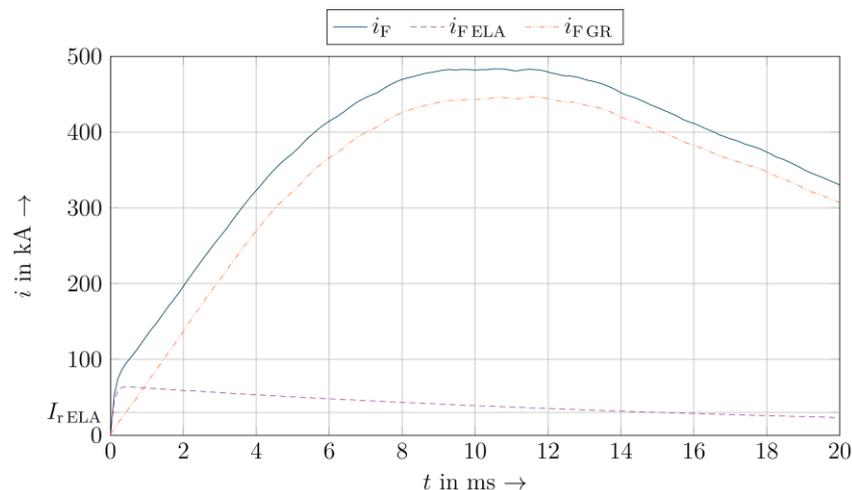


Abbildung 3: Verlauf und Zusammensetzung des Fehlerstroms bei einem Kurzschluss an der DC-Sammelschiene

Für die Untersuchung wurden sämtliche Schutzmaßnahmen inkl. des Selbstschutzes des Gleichrichters vernachlässigt. Bei einem Kurzschluss an der DC-Sammelschiene wird der Kurzschlussstrom sowohl durch das vorgelagerte Netz als auch durch den Elektrolyseur gespeist. Dabei kehrt sich die Stromflussrichtung des Elektrolyseurs um. Nach 0,47 ms erreicht der Kurzschlussstrombeitrag des Elektrolyseurs 63,9 kA. Dies entspricht dem 2,13-fachen Betriebsstrom (30 kA).

## Referenzen

- [1] D. Guilbert und G. Vitale, „Dynamic Emulation of a PEM Electrolyzer by Time Constant Based Exponential Model,“ *Energies*, Jg. 12, Nr. 4, S. 750, Jan. 2019. Verfügbar: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/4/75>. (Aufgerufen 28. November, 2023).
- [2] M. J. Khan und M. T. Iqbal, „Modelling and Analysis of Electro-chemical, Thermal, and Reactant Flow Dynamics for a PEM Fuel Cell System,“ *Fuel Cells*, Jg. 5, Nr. 4, S. 463–475, Dez. 2005. Verfügbar: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fuce.200400072>. (Aufgerufen 28. November, 2023).