

HERAUSFORDERUNGEN AN ERDUNGS- UND POTENTIALAUSGLEICHSSYSTEME VON DC-ENERGIEÜBERTRAGUNGSKABELN

Martin FÜRNSCHUß^{*1}, Moritz PICHLER², Robert SCHÜRHUBER³ Herwig RENNER⁴, Stephan PACK⁵, Ernst SCHMAUTZER⁶

Motivation

Die kabelgebundene Gleichstromenergieübertragung nimmt bei der Netzplanung einen immer höher werdenden Stellenwert ein, da mit ihr elektrische Energie verlustarm über mehrere 100 km übertragen werden kann. Bei solch langen Übertragungsstrecken können die DC-Kabel allein aus Fertigungsgründen nicht in einem Stück produziert und aus bautechnischen Gründen nicht in einem Stück verlegt werden, somit ist die DC-Energieübertragungsstrecke zu segmentieren; wobei die einzelnen Kabelsegmente in sogenannten Muffen miteinander verbunden werden. Häufig werden dazu Muffengruben verwendet, die wie die gesamte DC-Energieübertragungsstrecke mit Erdungs- und Potentialausgleichssystemen zu versehen sind, welche u.a. zum Schutz des DC-Energieübertragungssystems und dem Personenschutz im Betrieb, bei Messungen und Instandsetzungsarbeiten und vor allem während eines Fehlerfalles dienen. Da jede Muffengrube und die Ausführung des Kabelbegleiterders Kosten generiert, sollen mit dieser Arbeit anhand eines Rechenmodells gezeigt werden, welchen Einfluss ein Begleiterder hat und wie groß der Abstand zwischen den Muffengruben und deren Erdungssystemen maximal sein darf, mit dem Ziel, dass während eines Fehlerfalles oder Blitzschlages die DC-Kabel infolge der transienten Spannungsbeanspruchung keinen Schaden erleiden. Als Charakteristikum gilt hierbei jene Spannung, welche zwischen dem äußeren Kabelschirm und dem Erdreich auftritt.

Methodik

Zur Berechnung des maximalen Abstandes zwischen den Muffengruben l_{max} wird ein eigens erstelltes EMTP-RV-Modell verwendet, mit welchem folgendes in Abbildung 1 dargestelltes, DC-Energieübertragungssystem modelliert wird.

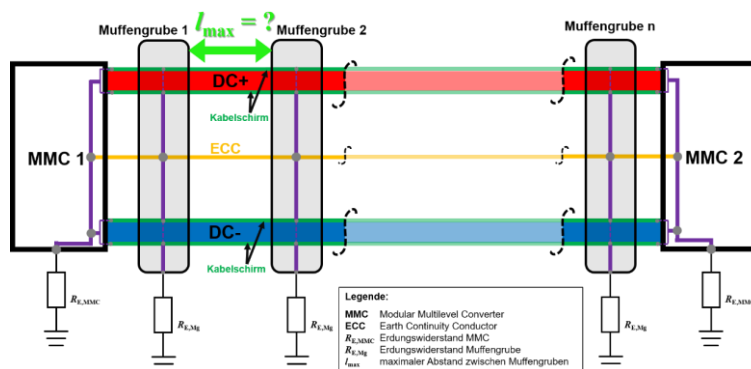


Abbildung 1: Schematische Darstellung des modellierten DC-Energieübertragungssystems

¹ Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Technische Universität Graz, Inffeldgasse 18/1, 8010 Graz, martin.fuernschuss@tugraz.at

² KPMG Advisory GmbH, Porzellangasse 51, 1090 Wien, moritzpichler@kpmg.com

³ Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Technische Universität Graz, Inffeldgasse 18/1, 8010 Graz, robert.schuerhuber@tugraz.at

⁴ Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Technische Universität Graz, Inffeldgasse 18/1, 8010 Graz, herwig.renner@tugraz.at

⁵ Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement, Technische Universität Graz, Inffeldgasse 18/1, 8010 Graz, pack@tugraz.at

⁶ Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Technische Universität Graz, Inffeldgasse 18/1, 8010 Graz, schmautzer@tugraz.at

Beispielhaft wird die Nennspannung auf 500 kV, die Nennleistung auf 2 GW und die Länge der Übertragungsstrecke auf 300 km festgelegt. Zum Schutz des Kabelsystems wird mittig über den beiden Kabeln ein blanker Begleiterder (ECC... Earth Continuity Conductor) bestehend aus Kupfer verlegt, welcher ebenso in die Muffengruben geführt wird. In diesen wird der Kabelschirm mit dem ECC und der Erdungs-/PA-Anlage der Muffengrube verbunden.

Ausschlaggebend für die maximale Distanz zwischen den Muffengruben ist die auftretende Spannung zwischen Kabelschirm und Erdreich, welche bei folgenden Ereignissen nicht überschritten werden darf:

- Blitzeinschlag an einem MMC (MMC: Modular Multi-Level Converter)
- Direkter Blitzeinschlag in das Erdreich der Kabeltrasse
- Schalthandlungen an einer MMC-Station
- Kurzschluss entlang der Kabelstrecke

Weiters werden dieselben Untersuchungen ohne ECC durchgeführt, um dessen Nutzen beurteilen zu können. Umso kleiner der Anlagenerdungswiderstand $R_{E,Mg}$ ist, desto wirksamer ist die Erdungsanlage einer Muffengrube, aber im Umkehrschluss auch die Ausführung der Erdungsanlage kapitalintensiver (bei gleichem spezifischen Erdwiderstand). Zur Berücksichtigung dieses Umstandes wird der Anlagenerdungswiderstand der Muffengruben ebenso variiert.

Ergebnisse

Die Schirm-Erde-Spannung U_{Sch} gilt bei der Bewertung der Ergebnisse als Referenz; sie darf einen bestimmten Spannungswert nicht überschreiten, da es sonst zu einem Durchschlag entlang der äußeren Isolierschicht der DC-Kabel kommen würde. In diesem Beitrag wird die maximale Schirm-Erde-Spannung mit $U_{Sch} = 15$ kV festgelegt (realistischer Wert).

Blitzeinschlag an einem MMC

Bei einem Blitzeinschlag in einer MMC-Station ist die Distanz zwischen den Muffengruben irrelevant; hier ist vor allem der Anlagenerdungswiderstand der MMC-Station, sowie die Distanz zwischen der MMC-Station und der ersten Muffengrube von Bedeutung. Beide Werte sollten möglichst gering sein.

Direkter Blitzeinschlag in das Erdreich der Kabeltrasse

Die Untersuchung eines Blitzeinschlages in das Erdreich der Kabeltrasse zeigt, dass der ECC auch dem Blitzschutz dient. Der ECC leitet Blitzströme ab, ohne dass die maximale Schirm-Erde-Spannung der Kabel überschritten wird.

Schalhandlungen an einer MMC-Station

Treten an einer MMC-Station Schaltüberspannungen auf, so hat primär der Anlagenerdungswiderstand der MMC-Station Auswirkung auf die Schirm-Erde-Spannung. Umso geringer dieser ist, desto kleiner ist auch die Schirm-Erde-Spannung.

Kurzschluss entlang der Kabelstrecke

Bei einem (Erd-)Kurzschluss entlang der Kabelstrecke ist die Distanz zwischen den Muffengruben, der Anlagenerdungswiderstand und ob ein Begleiterder beigelegt wird von großer Bedeutung.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Verlegung eines ECC auch hier sinnvoll ist. Es wird die Abhängigkeit der maximalen Distanz zwischen den Muffengruben von dem Anlagenerdungswiderstand der Muffengruben reduziert, da er im Fehlerfall eine potentialausgleichende und differenzspannungsreduzierende Wirkung zwischen den Erdungssystemen der einzelnen Muffengruben hat.

Ökonomische Betrachtung

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass durch den Einsatz eines Kabelbegleiterders einerseits die Anzahl der Muffengruben reduziert werden kann und andererseits die Erdungsanlagen der Muffengruben einen höheren Anlagenerdungswiderstand haben können, ohne dass die maximale Schirm-Erde-Spannung überschritten wird. Somit können sich sowohl die Investitions- als auch die Instandhaltungskosten einer DC-Energieübertragungsstrecke reduzieren.