

KRITIKALITÄT DER PARALLELFÜHRUNG EINES 110-kV-NETZES MIT EINEM MITTELSPANNUNGS-NETZ UND DER EINFLUSS DER NICHTLINEARITÄT DER PETERSENSPULE

Elisabeth HUFNAGL¹, Lothar FICKERT¹, Wolfgang LEITNER²

Inhalt

Von einer Parallelführung eines Mittelspannungs-Netzes über die Länge von wenigen Kilometern mit dem 110-kV-Netz ausgehend, ergeben sich basierend auf der Möglichkeit von Sonderschaltzuständen (welche zum Betrieb eines Klein-Netzes führen, das mit einer Petersenspule mit einem Nennstrom von wenigen Ampere gelöscht wird) folgende Fragestellungen:

- Kann es aufgrund der Unsymmetrien in Zusammenhang mit der Parallelführung beider Systeme im Falle eines 110-kV-Erdschlusses zu unzulässigen Spannungsüberhöhungen in einem solchen Klein-Netz kommen?
- Wenn ja, sind diese Spannungen gefährlich für die Betriebsmittel?

Mit Bezug auf diese Fragestellungen wird untersucht, wie sich die Unsymmetrien des Netzes im fehlerfreien Zustand auf die Verlagerungsspannung und die resultierenden Leiter-Erde-Spannungen des unterlagerten Mittelspannungs-Netzes im stationären Betrieb auswirken. In weiterer Folge wird auch der Einfluss der unsymmetrischen Leiteranordnung unter Berücksichtigung eines möglichen Erdschlusses im 110-kV-Netz auf die Leiter-Erde-Spannungen des Mittelspannungs-Netzes untersucht, wobei auch denkbare Doppelerdschluss-Varianten (mit gemeinsamen Fußpunkt) analysiert werden.

Abschließend wird das Potential der Reduktion der Verlagerungsspannung (auf der Mittelspannungs-Seite) im Resonanzfall – basierend auf der Nichtlinearität der Löserspule untersucht und bewertet.

Methodik

Zur Beantwortung der angeführten Fragestellungen – mit Ausnahme der Untersuchung des Resonanzfalles und der damit einhergehenden Nichtlinearität der Petersenspule – wird ein auf der Kopplung der beiden Spannungssysteme über Kapazitäten (siehe „Ermittlung der Systemparameter“) basierendes Gleichungssystem aufgestellt.

Ermittlung der Systemparameter

Anhand der geometrischen Anordnung des Mastkopfbildes werden alle relevanten Kapazitäten mithilfe der Potentialkoeffizienten und der Invertierung der K-Matrix ermittelt.

Numerisch-analytische Lösung

Nach Ermittlung aller relevanten Größen, wird ein Gleichungssystem aufgestellt, dessen Lösung die Verlagerungsspannung des Mittelspannungs-Systems unter linearen Verhältnissen ist. Diese Herangehensweise eignet sich für alle Betriebspunkte, sofern die Kniespannung der Petersenspule nicht überschritten wird. Verlässt die Petersenspule ihren linearen Betriebsbereich, werden detaillierte Untersuchungen unter Zuhilfenahme der symmetrischen Komponenten notwendig.

Analytische Lösung anhand des Nullsystems

Zunächst wird der im Falle eines satten Erdschlusses durch das 110-kV-Leitungssystem in das Mittelspannungs-Leitungssystem eingekoppelte Nullstrom bestimmt. Im Regelfall kann die Auswirkung des eingepprägten Stromes anhand eines Einlinien-Ersatzschaltbildes des Nullsystems ermittelt werden.

¹ Technische Universität Graz, Institut für Elektrische Anlagen, Inffeldgasse 18/I, 8010 Graz,
Fax: +43 316 873-7553, www.ifea.tugraz.at,
{Tel.: +43 316 873-7552, elisabeth.hufnagl@tugraz.at},
{Tel.: +43 316 873-7550, lothar.fickert@tugraz.at}

² Netz Oberösterreich GmbH, Bahnhofstraße 67, 4810 Gmunden, Tel.: +43 5 9070-2217,
Fax.: +43 5 9070-52217, wolfgang.leitner@netzgmbh.at, www.netzgmbh.at

Die perfekte Resonanzabstimmung der Löschspule wird als Sonderfall definiert. Hier müssen die nichtlinearen Eigenschaften der Spule bei der Bewertung der Auswirkungen des eingepprägten Stromes in das Nullsystem berücksichtigt werden.

Ergebnisse

Im Falle eines Erdschlusses wird über die Kopplung der Nullkapazitäten ein (kapazitiver) Fremdstrom in das als gesund angenommene Mittelspannungs-Netz eingepragt. Es handelt sich hier um einen Strom von weniger als 1 A, der im Wege des Mittelspannungs-Netzes (bestehend aus einer Parallelschaltung der Leiter-Erde-Kapazitäten des gesamten Netzes mit der Petersenspule gegen Masse abfließen muss. Wie man zeigen kann, wird jener Strom durch die Höhe der Verlagerungsspannung (UN) des 110-kV-Netzes bestimmt.

Die maximale, durch kapazitive Einkopplungen im Fehlerfall zu erwartende Verlagerungsspannung UNE auf der Mittelspannungs-Seite liegt für den Fall eines einphasigen Erdschlusses der Phase T auf der 110-kV-Seite deutlich unter der Nennspannung der Petersenspule.

Als bedenklich wird der Fall einer ungewollten Parallelresonanz (hervorgerufen durch bestimmte Netzzustände) betrachtet, da in diesem Fall eine signifikante Verlustleistung von der Spule abgeführt werden muss, wobei die Erwärmungszeitkonstanten sehr klein (wenige Minuten) sind.