

# **HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGEN BEI 110-kV-KABELANBINDUNG DEZENTRALER, ERNEUERBARER ERZEUGUNGSANLAGEN UND DEREN SCHUTZKONZEPTE AUS SICHT EINES NETZBETREIBERS**

**Oliver SKRBINJEK<sup>1</sup>, Horst PAAR<sup>2</sup>**

## **Einleitung**

Der Ausbau erneuerbarer Energien führt zunehmend zur Errichtung von dezentralen Großerzeugungsanlagen (DEA) mit Engpassleistungen von über 100 MVA. Aufgrund der hohen Leistung wird eine direkte Einbindung in die 110kV-Verteilnetzebene und ein damit verbundener neuer Netzanschluss erforderlich. Die Realisierung entsprechender Leitungstrassen gestaltet sich zunehmend komplex, da dichte Bebauungsstrukturen, naturschutzfachliche Auflagen sowie die oft fehlende Akzeptanz der Bevölkerung für neue Freileitungen eine einfache Anbindung häufig verhindern. Die Anbindung erfolgt daher, auch bei Längen von bis zu 30 km, zunehmend über erdverlegte Kabeltrassen. Während die Erzeugungsleistung selbst für das 110kV-Netz meist unkritisch ist, stellen die physikalischen Eigenschaften der Kabelanbindung die Netzbetreiber vor neue Herausforderungen. 110kV Netzgruppen werden in Österreich und Deutschland traditionell erdschlusskompensiert betrieben. Dadurch hat die Integration solcher langer Kabelstrecken massiven Einfluss auf das Verteilnetzsystem und bisherige Standardkonzepte, sowohl von betrieblicher als auch von schutztechnischer Seite, müssen neu gedacht werden.

## **Herausforderung**

Zentrale technische Hürden sind unter anderem die signifikante Erhöhung der Leiter-Erde-Kapazitäten durch ein neues 110kV-Kabel, die ergänzende Betriebsmittelbelastung durch Schirmströme, mögliche Berührungsspannungen an Erdungssystemen sowie die, für viele Netzbetreiber bisher unüblichen Schutzkonzepte durch eine niederohmige Sternpunktbehandlung in den Mittelspannungsnetzen von Windparkanlagen. Da viele bestehende 110kV-Netzgruppen hinsichtlich ihrer kapazitiven Größen gegenüber Erde, bereits heute im Ausnahmefall in der Nähe normativer Grenzen betrieben werden müssen, würde ein unkompensierter Zubau nicht nur einen konformen, sondern auch einen sicheren Betrieb der gesamten Netzgruppe gefährden.

Darüber hinaus erzeugen lange Kabelstrecken in höheren Spannungsebenen hohe kapazitive Ladelastungen, welche die Betriebsmittel thermisch zusätzlich belasten, und die übertragbare Leistung einschränken. Im Schwachlastbetrieb führt dies zu unzulässigen Spannungsanhebungen. Zusätzlich treten bei Schalthandlungen Ausgleichsvorgänge auf, wobei insbesondere transiente Ausgleichsvorgänge in Kombination mit langanhaltenden Gleichstromgliedern durch Kompensationsmaßnahmen die Ausschaltfähigkeit von Leistungsschaltern in bestimmten Zeitbereichen beeinträchtigen können. Ebenso beeinflussten die durch längere 110kV Kabelstrecken gegebenen konzentrierten Kapazitäten, in Abhängigkeit möglicher einpoliger Fehlerorte, die Resonanzstellen des 110kV-Netzes, welche tendenziell in Richtung der 5. Harmonischen wandern können. Auch weitere Aspekte wie die Spannungsqualität (PQ), Kurzschlussleistung am Netzanschlusspunkt oder zunehmender Anteil von Harmonischen im Erdschlussfall sind bei derartigen Integrationen zu beachten. Sowohl konventionelle Schutzkonzepte als auch eine zentrale Kompensation von Erdschlussströmen in Umspannwerken stoßen hier oft an technische und wirtschaftliche Grenzen.

---

<sup>1</sup> Oliver Skrbinjek, Energienetze Steiermark GmbH, horst.paar@e-netze.at

<sup>2</sup> Horst Paar, Energienetze Steiermark GmbH, horst.paar@e-netze.at

## **Lösungsansatz**

Zur Bewältigung dieser Aufgabenstellungen wird ein Konzept vorgestellt, welches auf einer phasenselektiven Kompensation durch dezentrale, stufig umschaltbare 110kV-Drosselspulen basiert. Im Gegensatz zur zentralen Kompensation mit einer Petersen-Spule (E-Spule) wird hierbei die Kompensationsleistung direkt an einem Anschlusspunkt der 110kV-Kabelleitung installiert. Dieser Ansatz ermöglicht die Einhaltung der normativen Grenzwerte für den Erdschlussreststrom, indem der Nullsystemstrom unmittelbar dort kompensiert wird, wo er entsteht und sich die 110kV Kabelleitung dahingehend am Netzanschlusspunkt weitestgehend neutral verhält. Gleichzeitig wird dadurch auch die kapazitive Ladeleistung im Normalbetrieb kompensiert, das Spannungsprofil stabilisiert und am Netzanschlusspunkt ein neutrales Verhalten hinsichtlich Blindleistung erreicht. Diese Ausführung bietet auch weitere Vorteile, auf die im Beitrag näher eingegangen wird. Zeitgleich bringt dieser Lösungsansatz aber auch neue Problemstellungen, wie transiente Ausgleichsvorgänge oder aperiodische Gleichstromglieder bei Schalthandlungen mit. Auf diese wird im Beitrag ebenfalls, mit angestrebten und anderswo bereits etablierten Lösungsansätzen, eingegangen.

Ein weiterer Fokus liegt auf der Stromaufteilung zwischen Erdungssystem und Kabelschirmen im Fehlerfall mit Erdberührung. Dies ist für die Einhaltung der Berührungsspannung in exponierten Lagen von dezentralen Erzeugungseinrichtungen mit teils beschränkten Erdungsverhältnissen maßgeblich. Abschließend wird im Beitrag eine Übersicht über das Gesamtschutzkonzept dargestellt, in der auf die wesentlichen Aspekte, die aus schutztechnischer Sicht zu beachten sind, hingewiesen wird.

## **Zusammenfassung**

Aktuelle Erkenntnisse aus realisierten 110kV-Anbindung von dezentralen Erzeugungseinrichtungen zeigen, dass eine Integration über längere Kabelstrecken in gelöschten Netzen technisch beherrschbar ist, dabei jedoch auf bestimmte Rahmenbedingungen und Grenzen geachtet werden muss. Dies setzt jedoch die Abkehr von standardisierten Lösungen, hin zu individuellen Konzepten, wie der phasenselektiven Kompensation, voraus. Diese hat auch wesentlichen Einfluss auf den operativen Netzbetrieb. Bereits umgesetzte und in Projektierung befindliche Projekte zeigen, dass diese Methode eine Möglichkeit bieten kann, die Aufnahmekapazität von dezentralen Erzeugungseinrichtungen in der Hochspannungsebene zu unterstützen. Dabei müssen aber weitreichende Überlegungen, sowohl von schutztechnischer als auch von operativer Seite des Netzbetriebs, getätigt werden.