

IDENTIFIKATION VON EINFLUSSFAKTOREN AUF DEN BLINDLEISTUNGSBEZUG UNTERLAGERTER VERTEILNETZE IN DER HOCHSPANNUNGSEBENE

Kim Michael TAYLOR¹, Patrick LARSCHIED¹,
Tobias VAN LEEUWEN¹, Albert MOSER¹

Hintergrund

Der Anteil dezentraler Erzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien (EE-Anlagen) an der Gesamterzeugung ist in den vergangenen Jahren stark gestiegen. Die Integration der EE-Anlagen in der Verteilnetzebene resultiert bereits heute in stark veränderten Wirk- und Blindleistungsflüssen an der Schnittstelle zwischen Hochspannungs- (HS) und Mittelspannungs- (MS) Netz (HS/MS-Schnittstelle). Der zusätzliche Trend zum vermehrten Einsatz von Kabeltechnologien, veränderte Blindleistungsregelungskonzepte von EE-Anlagen sowie eine veränderte Laststruktur beeinflussen zudem den Leistungsfaktor an der HS/MS-Schnittstelle [1]. Die Veränderungen führen insbesondere in Rückspeisesituationen zu einem erhöhten Blindleistungsfluss an der HS/MS-Schnittstelle sowie hierdurch bedingten temporären Problemen der Spannungshaltung im HS-Netz.

Bestehende Vorgehensweisen zur Modellierung des Blindleistungsflusses an der HS/MS-Schnittstelle basieren häufig auf einer pauschalen $\cos\varphi$ -Abschätzung und sind für Fragestellungen der Spannungshaltung im HS-Netz bei steigender EE-Leistung in der Regel nicht hinreichend genau. Für Hochspannungsnetzbetreiber ist eine adäquate Modellierung des Blindleistungsflusses daher von zentraler Bedeutung zur gezielten Blindleistungskompensation sowie der Abschätzung des Blindleistungsflusses zwischen Übertragungs- und Hochspannungsnetz. Vor diesem Hintergrund werden im Rahmen dieses Beitrags der Einfluss der Netzbetriebsmittel, Netzführungskonzepte und Netznutzer in unterlagerten MS/NS-Verteilnetzen analysiert und dessen Auswirkungen auf den resultierenden Blindleistungsfluss an der HS/MS-Schnittstelle im Rahmen einer Sensitivitätsuntersuchung ermittelt. Ziel dieser Untersuchung ist die Identifikation und Bewertung von Einflussfaktoren auf den Blindleistungsfluss.

Methode

Im Rahmen dieses Beitrages wird der unterspannungsseitige Blindleistungsfluss an der HS/MS-Schnittstelle anhand charakteristischer Modellnetze analysiert. Zur realitätsnahen Abbildung der Netzstruktur und der Versorgungsaufgabe wird hierbei ein stochastischer Ansatz verwendet [2]. Dies ermöglicht die spannungsebenenübergreifende Berechnung der auftretenden Wirk- und Blindleistungsflüsse im Jahresverlauf. Zur Berücksichtigung der heterogenen Versorgungsstruktur in Deutschland werden drei definierte Versorgungsaufgaben simuliert (städtisch, ländlich windgeprägt, ländlich PV-geprägt). Anhand der generierten Verteilnetze, Anschlusspunkten von Erzeugern und Verbrauchern, Haushaltskundenprofilen und anlagenspezifischen EE-Zeitreihen werden im Rahmen von Sensitivitätsuntersuchungen Einflussfaktoren auf den Blindleistungsfluss an der HS/MS-Schnittstelle durch Lastflussberechnungen identifiziert und deren Auswirkungen quantifiziert. Zu den variierten Einflussfaktoren zählen einzelne Netzparameter, Netzstrukturen sowie das Last- und Einspeiseverhalten.

Die Nennspannung in der MS-Ebene ist nicht einheitlich. Um die Auswirkungen auf den Blindleistungsfluss zu untersuchen, wird die Nennspannung in der MS-Ebene bei gleichbleibender Versorgungsaufgabe und Netzstruktur variiert. Zur Vermeidung veränderter Leitungsauslastungen werden die Leitungsparameter für eine annähernd gleichbleibende Leistungsübertragung angepasst. Bei Verteilnetzbetreibern wird zunehmend eine erhöhte Vermaschung im MS-Netz diskutiert. Um die Auswirkungen auf den Blindleistungsfluss zu untersuchen, werden die Kuppelstellen geschlossen und die MS-Netze als geschlossen betriebene MS-Ringnetze modelliert. Verbraucher im Netz sind im Netzbetrieb insbesondere von der Lastbemessungsspannung und der Bemessungsfrequenz zusätzlich beeinflusst.

¹ RWTH Aachen, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Schinkelstraße 6, 52062 Aachen, Tel.: +49 241 80 96721, Fax: +49 241 80 92197, kt@iaew.rwth-aachen.de, www.iaew.rwth-aachen.de

Mithilfe eines Exponenten Modells werden die Auswirkungen verschiedener Lasttypen auf den Blindleistungsfluss analysiert [3].

Weitere untersuchte Sensitivitäten sind unter anderem:

- Einfluss der Blindleistungssteuerung von EE-Anlagen [1]
- Einfluss des Netzanschlusspunktes von EE-Anlagen im Netzgebiet
- Einfluss von Leitungsparameter sowie Einfluss eines veränderten Kabel-/Freileitungsverhältnis
- Einfluss des Blindleistungsbezugs von Gewerbekunden

Exemplarische Ergebnisse

Die Ergebnisse der Lastflussberechnung der Sensitivitätsuntersuchungen werden im Verbraucher-zählpeilsystem aus dem überlagerten HS-Netz als Punkt in einem PQ-Diagramm dargestellt. Zudem werden die Sensitivitäten mithilfe der mittleren Jahresabweichung sowie der Standardabweichung bewertet und der Einfluss verschiedenen Netzelementen zugeordnet.

In Abbildung 1 ist der exemplarische Wirk- und Blindleistungsfluss für eine ländliche, süddeutsche Region mit einer $\cos\varphi(P)$ -Blindleistungssteuerung für verschiedene MS-Nennspannungen dargestellt. Es ist erkennbar, dass eine Reduzierung der Nennspannung auf 10 kV in der MS-Ebene zu einem deutlich angestiegenen induktiven Blindleistungsfluss führt. Die Blindleistungsdifferenz resultiert insbesondere aus dem spannungsabhängigen kapazitiven Blindleistungsverhalten von Leitungen (quadratischer Einfluss) und dem veränderten Stromfluss bei gleichbleibenden Leistungen bei der Anwendung verschiedener MS-Spannungen.

In Abbildung 2 werden die Lastflussergebnisse an der HS/MS-Schnittstelle bei geschlossenen und offen betriebenen MS-Kuppelstellen im Netzbetrieb als PQ-Diagramm dargestellt. Der veränderte Blindleistungsfluss resultiert insbesondere aus einer veränderten Leitungsauslastung in der MS-Ebene. Neben diesen exemplarischen Ergebnissen wird die Langfassung die detaillierte Analyse der Berechnung aller Sensitivitätsuntersuchungen beinhalten und diskutieren.

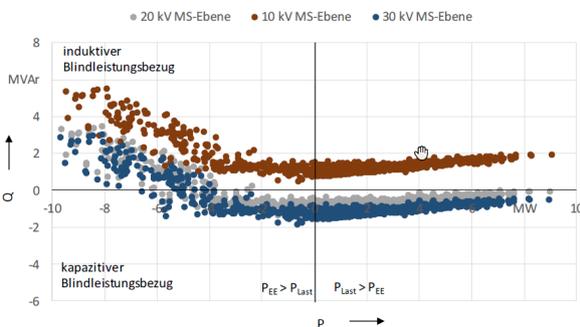


Abbildung 1: PQ-Diagramm Auswirkungen der Variation von MS-Nennspannung bei angepassten Leitungsparametern

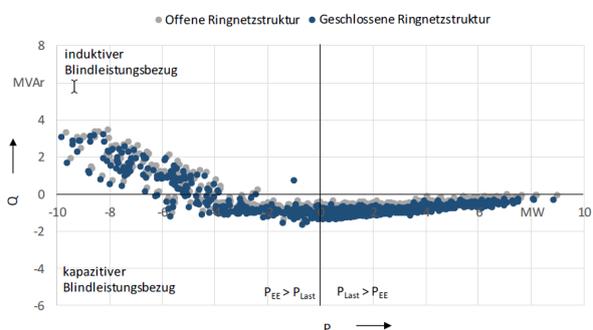


Abbildung 2: PQ-Diagramm Auswirkungen bei geschlossen betriebener MS-Ringe

Referenzen

- [1] BDEW: Technische Richtlinie Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz. Berlin, Juni 2008.
- [2] Patrick Larscheid: Increasing the hosting capacity of RES in distribution grids by active power control. International ETG-Kongress, Bonn 2015.
- [3] IEEE: Load Representation for dynamic performance analysis. IEEE Transaction on Power Systems Vol. 8, No. 2 1993.