

Exposé zur Masterarbeit von Alexander Winkens

Analyse des Einflusses der Technologie von Windenergieanlagen auf die Stabilität in BHKW-geführten Mittelspannungsinselnetzen

Die steigende installierte Leistung auf erneuerbaren Energieträgern basierender dezentraler Energiewandlungsanlagen eröffnet die Möglichkeit, geeignete Mittel- und unterlagerte Niederspannungsnetze als autarke, vom Verbundnetz isolierte Inselnetze zu betreiben. Im Falle eines großflächigen Ausfalls des Übertragungsnetzes (Blackout), beispielsweise verursacht durch einen Cyberangriff oder eine Naturkatastrophe, kann auf diese Weise die Versorgung einzelner Gebiete mit elektrischer Energie sichergestellt werden. Der stabile Betrieb dieser Notfallinselnetze ist ein wichtiges Forschungsfeld am IAEW der RWTH Aachen. Dabei wird das grundsätzliche Ziel verfolgt, Handlungsempfehlungen für Netzbetreiber abzuleiten, um geeignete Bestandsnetze möglichst ohne Zubau von Komponenten für den Notfallinselnetzbetrieb zu ertüchtigen. Die Masterarbeit von Alexander Winkens fokussiert den Anwendungsfall eines Mittelspannungs-Notfallinselnetzes mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW) als Netzbildner und einer signifikanten installierten Leistung durch Windenergieanlagen. Eine besondere Herausforderung zur Gewährleistung des stabilen Inselnetzbetriebes stellt dabei das Auftreten vergleichsweise hoher Frequenzschwankungen aufgrund der geringen Momentanreserve synchron gekoppelter Generatoren dar. Aus diesem Grunde wird im Rahmen der Abschlussarbeit der Einfluss der Technologie sowie der Leistungsfrequenzregelung der Windenergieanlagen auf die Inselnetzstabilität anhand der Durchführung dynamischer Zeitbereichssimulationen untersucht. Hierzu wird die am Institut entwickelte Toolbox MatPAT (Matlab-based Power System Analysis Toolbox) eingesetzt.

Zur Abbildung typischer Technologien der Windenergieanlagen werden die vorhandenen dynamischen Modelle der doppeltgespeisten Asynchronmaschine (DFIG) und der vollumrichtergekoppelten Windenergieanlage um eine Leistungsfrequenzregelung gemäß den technischen Anschlussrichtlinien VDE-AR-N 4110 erweitert. Darüber hinaus erfolgt die Implementierung eines Regelungskonzeptes zur Netzfrequenzstützung mithilfe der in der rotierenden Turbine gespeicherten kinetischen Energie (virtuelle Trägheit bzw. synthetic inertia). Dieses Konzept kann für das Szenario der Vollaussnutzung des Windenergieangebotes, d. h. der fehlenden Möglichkeit der dauerhaften Erhöhung der Wirkleistungseinspeisung, zur Beherrschung von Unterfrequenzsituationen vorteilhaft sein. Darauf aufbauend erfolgt eine Charakterisierung des Einflusses des dynamischen Verhaltens der Windenergieanlagen auf die Inselnetzstabilität anhand dynamischer Zeitbereichssimulationen. Dabei werden sowohl die Netztopologie als auch Arbeitspunkte, Technologie und Regelungsparameter der Anlagen variiert. Als abschließende Analyse werden aus den Simulationsergebnissen stabilitätsbegünstigende Designfaktoren für die Planung des Notfallinselnetzbetriebs abgeleitet.

Die Ergebnisse zeigen, dass Windenergieanlagen mit Leistungsfrequenzregelung dynamische Frequenzschwankungen im Inselnetz (beispielsweise verursacht durch Zu- oder Abschalten unterlagerten Niederspannungsnetze) signifikant reduzieren können und somit den Zusammenbruch der Insel durch das Auslösen von Über- oder Unterfrequenzschutzeinrichtungen verhindern können. Der Vergleich der Technologien der Windenergieanlagen zeigt keinen relevanten Unterschied zwischen doppeltgespeister Asynchronmaschine und der vollumrichtergekoppelten Anlage. Letztere ist jedoch aufgrund einer schnelleren Einregelung der Leistungswerte durch die Leistungselektronik tendenziell zu bevorzugen. Bei Zurückgreifen auf virtuelle Trägheit kann außerdem die Existenz verschiedener Typen von Windenergieanlagen (d. h. Technologie, Leistungsklasse und Reglerparametrierung) im Inselnetz vorteilhaft sein. Grundsätzlich weist die Masterarbeit somit ein stabilisierendes Verhalten bestehender Windenergieanlagen in Mittelspannungs-Notfallinselnetzen nach. Darüber hinaus kann gezeigt werden, dass eine geeignete Anpassung einzelner Anlagenregelungen eine mögliche Maßnahme zur weiteren Stabilisierung der Notfallinsel darstellen kann.