

Projekt: Aktive Schwingungsdämpfung in Antriebsträngen mit Planetengetrieben am Beispiel der Windkraft

Problem: Windkraftanlagen müssen durch ein hohes Maß an Zuverlässigkeit und damit Betriebssicherheit gekennzeichnet sein. Fehler am Antriebsstrang der Anlagen sind immer noch ein häufiger Ausfallgrund.

Die im Betrieb auftretenden Lasten und damit die örtlichen Beanspruchungen an den Bauteilen bestehen, neben dem statischen bzw. quasistatischen Anteil, aus einem hohen dynamischen Anteil durch die Windlast sowie Böen und bestimmte Sonderereignisse.

Ziel: In diesem Vorhaben soll eine zusätzliche Regelung entwickelt werden, um Schwingungen an solchen Antriebssträngen aktiv zu dämpfen. Exemplarisch wird das Beispiel einer Windkraftanlage betrachtet. Der Regler wird so ausgelegt, dass er an verschiedenen gängigen Generatorkonzepten mit feldorientierter Regelung (Synchronmaschine, Asynchronmaschine mit Vollumrichter und doppeltgespeist) anwendbar ist.

Deutlich bessere Ergebnisse sind zu erwarten, wenn die Wellenmomente des Antriebsstrangs bekannt sind, da diese sehr dynamische auf Lastwechsel reagieren. Bei Antriebssträngen mit einem Getriebe mit großer Übersetzung, wie dies in Windkraftanlagen üblich ist, ist es aufwändig, das sehr hohe Moment an der langsam drehenden Welle zuverlässig zu messen. Aus diesem Grund soll in diesem Vorhaben mit einer dynamischen Beobachtung des Drehmoments gearbeitet werden.

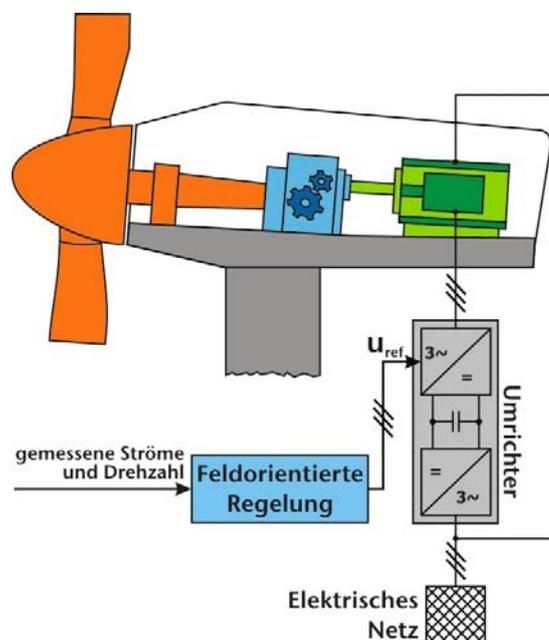


Abbildung 1: Grundsätzlicher Aufbau einer Windkraftanlage mit doppelter gespeister Asynchronmaschine und Getriebe

Stand der Technik: Die aktive Dämpfung von Antriebsschwingungen ist am Institut für Elektrische Energietechnik (IEE) seit langem ein Forschungsthema. Bei Antriebssträngen, die eine elektrische Drehfeldmaschine beinhalten, ist es prinzipiell möglich über die feldorientierte Regelung der Maschine eine Dämpfung zu erreichen. Hierbei kann ein Dämpfungseffekt entweder durch Anpassen des bestehenden Regelungskonzepts oder mittels eines zusätzlichen Reglers erreicht werden.

Bei einer Windkraftanlage kann die Schwingungsdämpfung zum einen über die Regelung zur Einstellung des Pitch-Winkels, also durch eine Verstellung des Rotorblatts, oder über die feldorientierte Regelung des Generators erfolgen. Heutzutage wird zur aktiven Schwingungsdämpfung in Windkraftanlagen häufig eine Drehzahl-Vorsteuerung eingesetzt, welche die gemessene Generatordrehzahl rückkoppelt. Auf diese Weise sind bereits gute Ergebnisse im Bereich der Schwingungsdämpfung möglich. Dieses Verfahren dient in diesem Vorhaben als Referenz.

Bei Antriebssträngen, die ein Getriebe mit großer Übersetzung beinhalten, ist es im Besonderen kompliziert die hohen Drehmomente der Antriebswellen zuverlässig zu messen. Es gibt Drehmomentmesswellen, die solche großen Momente messen können, jedoch sind dies aufwändige und teure Sonderanfertigungen und bei rauhem Klima störanfällig.

Lösungsweg: Der Entwurf von Regler und Beobachtung wird zunächst exemplarisch in einer Simulation durchgeführt, die Generator, mechanischen Komponenten und die Regelung beinhaltet. Hierzu wird die Software Matlab/Simulink verwendet.

Anschließend sollen die Ergebnisse an einem Versuchsstand validiert werden, der den Antriebsstrang einer Windkraftanlage mit doppelt gespeistem Asynchrongenerator und allen wichtigen mechanischen und elektrischen Bauelemente einer solchen Anlage in kleinerem Maßstab nachbildet. Eine solche Anlage ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt, der Versuchsstand selbst in Abbildung 2. Ein High-Torque Motor dient zur Nachbildung der Windlast.

Projekt: Aktive Schwingungsdämpfung in Antriebssträngen mit Planetengetrieben am Beispiel der Windkraft

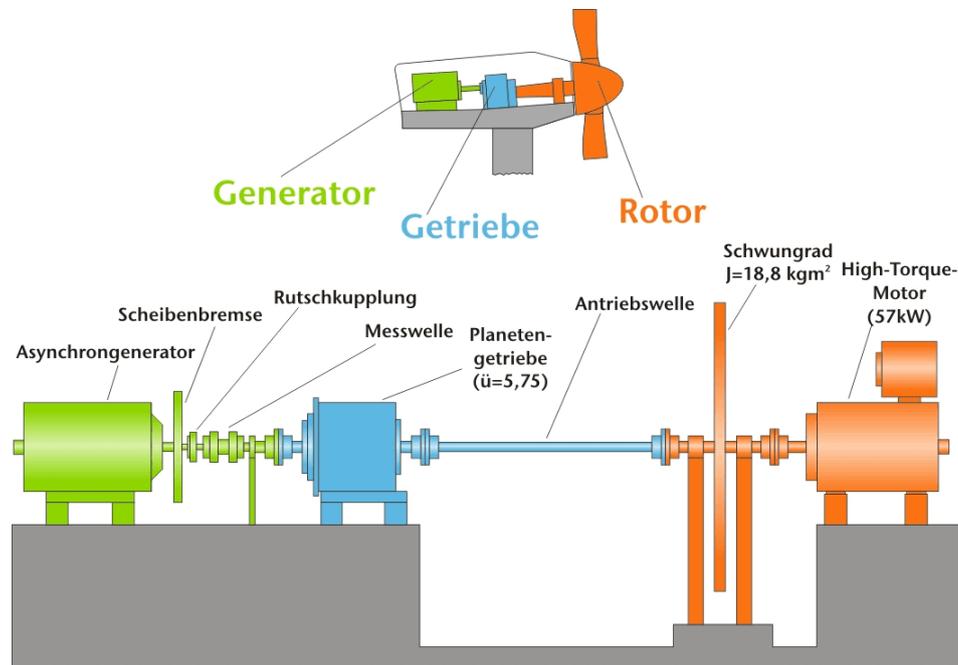


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Versuchstands zur Nachbildung des Antriebsstrangs einer Windkraftanlage am IEE

Projektstand: Das für den Regler- und Beobachtungsentwurf benötigte Modell wurde in Matlab/Simulink implementiert und getestet.

Die verfahren zur Beobachtung und zur aktiven Schwingungsdämpfung wurden an dem Modell in Simulationen getestet und zeigen gute Ergebnisse. Hierzu wurde die "Regelung zur Erhöhung der Lebensdauer des Antriebsstrangs" (RELA) entwickelt, die einen korrigierenden Drehzahl-Sollwert für die Drehzahlregelung ermittelt, der dem ursprünglichen Sollwert überlagert wird und so die Torsionsschwingungen im Antriebsstrang reduziert. Der Regler basiert auf der Idee, dass durch Ausregeln der Drehbeschleunigung die Belastung durch Schwingungen reduziert werden kann.

Die Ergebnisse zeigen, dass auf diese Weise eine aktive Dämpfung von Schwingungen im Antriebsstrang sehr gut möglich ist. In Abbildung 3 ist das Differenzmoment der Getriebewellen über der Zeit dargestellt. Diese Differenz belastet das Getriebe und sämtliche Antriebs-elemente. Der blaue Verlauf zeigt das Verhalten ohne, der rote das mit RELA-Regelung. Darunter sind die mit einer Rainflow-Zählung ermittelten Lastkollektive in beiden Fällen dargestellt. Die reduzierte Schwingungsbelastung am Antriebsstrang ist deutlich erkennbar.

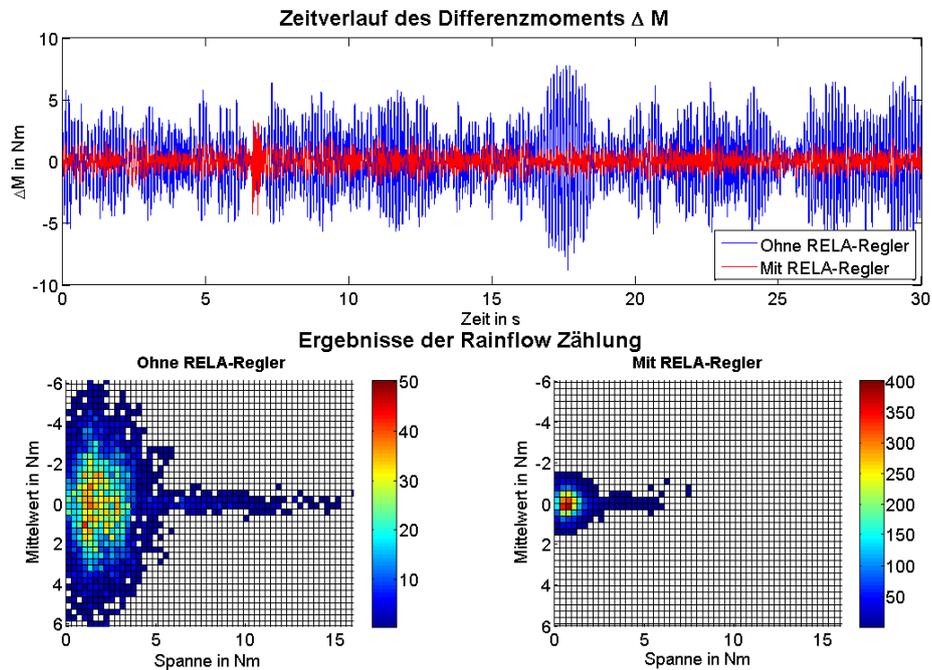


Abbildung 3: Oben: Zeitverlauf des Differenzmoment der Getriebewellen, dass das Getriebe belastet, ohne (blau) und mit (rot) der “Regelung zur Erhöhung der Lebensdauer des Antriebsstrangs” (RELA).
 Unten: Ergebnisse der Rainflow Zählung des Differenzmoments mit und ohne RELA-Regler. Farblich dargestellt sind die Anzahl der Schwingungen mit dem jeweiligen Wert.

Der Umbau des Versuchsstands wurde abgeschlossen, zurzeit erfolgt die Inbetriebnahme. In einem nächsten Schritt werden dann die entwickelten Konzepte am Versuchsstand implementiert und dort getestet.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Nikola Ell

Projektleiter: Dr.-Ing. Dirk Turschner (Tel: 72-2592)
 turschner@iee.tu-clausthal.de