

# Modellierung von Windenergieanlagen

PSS®SINCAL

## Auf einen Blick

Mit der Netzplanungssoftware PSS®SINCAL können Windkraftsimulations- und -integrationsstudien durchgeführt werden.

## Die Herausforderung

Die umfangreiche Integration von Windenergie weltweit und besonders in Europa (mit mehr als 300 GW geplant bis 2030) macht es immer wichtiger, die Auswirkungen auf elektrische Netze zu bewerten. Zu den Einflussfaktoren zählen beispielsweise:

- Fluktuierende Energieeinspeisung
- Große Entfernungen zwischen Erzeugung und Last
- Notwendigkeit zusätzlicher Regelserven
- Zunehmender Energietransport durch das Netz und Veränderungen im gesamten Leistungsfluss
- Auswirkungen auf die Stabilität des gesamten Energieversorgungssystems
- Reduzierung der Blindleistungsreserven
- Oberschwingungen
- Einfluss auf die Schutzeinstellungen

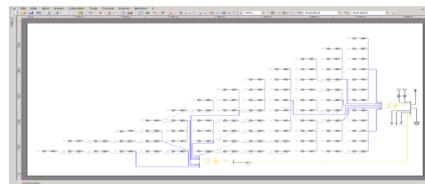


Abbildung 1: Modell eines Windparks

## Unsere Lösung

Die umfassende Erfahrung von Siemens PTI in der Modellierung von Windenergieanlagen ist in die Entwicklung der Simulationssoftware PSS®SINCAL eingeflossen. Diese Software umfasst alle erforderlichen Modelle und Analysemethoden, um umfassende Studien zu ermöglichen:

Für Machbarkeitsstudien, wenn die Entscheidung für einen bestimmten Generator noch nicht getroffen wurde, stehen generische Modelle für Käfigläufer-Induktionsgeneratoren, doppelt gespeiste Asynchron-Generatoren und direkt angetriebene Synchron-Generatoren zur Verfügung. Dazu gehören z.B. die Simulation von Pitch-Regler, Windgeschwindigkeit, Überspannungsschutz, PWM-Controller, usw.

Im Fall von Netzanschlussstudien müssen Windmodelle von bestimmten Anbietern verwendet werden. Im Allge-

meinen werden diese (verschlüsselten) Modelle z. B. als MATLAB® Simulink® dlls bereitgestellt. PSS®SINCAL erlaubt das Einbetten dieser Modelle direkt in die Simulation.

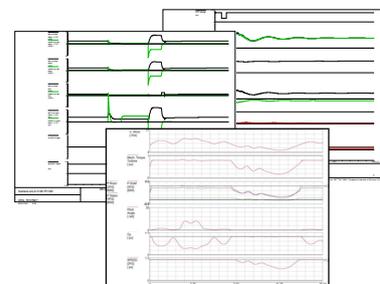


Abbildung 2: Simulationsergebnisse unter Anwendung eines eingebetteten MATLAB® Simulink® Modells

## Überprüfung der Netzanschlussregeln

Mit PSS®SINCAL kann ein Netzmodell erstellt werden, das die gesamte Palette der erforderlichen Simulationen unterstützt, wie Lastfluss- und Kurzschlussberechnung, aber auch Oberschwingungen, Schutz und dynamische Simulation (RMS und EMT). Verbesserte Vergleichsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Szenarien (beispielsweise volle Leistung, Betrieb ohne Wind, Spannungsabsenkungen auf unterschiedlichen Ebenen und zu unterschiedlichen Zeiten oder harmonische Verzerrungen) stehen zur Verfügung.

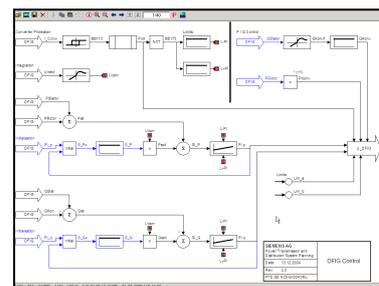


Abbildung 3: Beispiel für einen DFIG-Regler

## Dynamische Simulation

Ein Schlüsselaspekt ist die dynamische Simulation. Zur Einhaltung des Netz-Codes und / oder der Netzanschlussbedingungen ist es – neben den stationären Berechnungen wie Lastfluss und Ausfallsimulation – notwendig, verschiedene dynamische Simulationen inklusive unsymmetrischer Kurzschlüsse durchzuführen (siehe Abbildung 4).

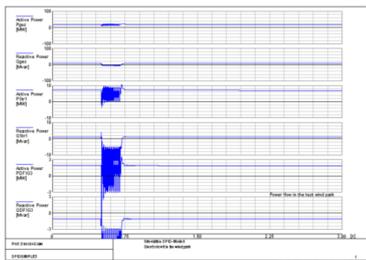


Abbildung 4: Simulation unsymmetrischer Kurzschlussströme

Auch transiente Stabilitätsberechnungen, wie die Berechnung des Verhaltens im Fehlerfall (fault ride through, FRT) oder die Spannungs- und / oder Blindleistungsregelung entsprechend des Netz-Codes, sind erforderlich (siehe Abbildung 5). Das gleiche gilt für Spannungsschwankungsuntersuchungen am Transformator.

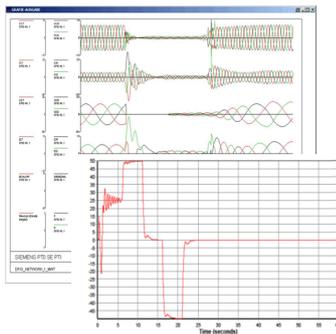


Abbildung 5: Elektromagnetische transiente Simulation

## Oberschwingungsstudien

Um Simulationen des Blindleistungsverhaltens der Windenergieanlage durchzuführen oder um diese mit den Netzanforderungen zu vergleichen, müssen Oberschwingungsstudien in einem Frequenzbereich von 100-2500 Hz durchgeführt werden. Die Auswahl der richtigen Blindleistungskompensation mit SVCs oder zusätzlichen Filtern muss getroffen werden, um die Oberschwingungsemissionen nach Standards wie IEC 61400-21 zu begrenzen. Hier reduzieren Resonanznetze den Aufwand für die Modellierung enorm.

## Netzanbindungsmodelle

Verschiedene Netzanbindungen, wie die klassische HGÜ-Verbindung, der AC-Anschluss oder VSC-HGÜ, können im Detail modelliert werden (siehe Abbildung 6).

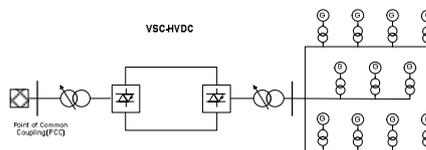


Abbildung 6: HGÜ Netzanbindungsmodell

Sternpunkt- und Schutzerdungsuntersuchungen, z.B. an den Transformatorplattformen, können zusätzlich notwendig sein.

## Datenimport und -export

Umfangreiche Import- und Exportoptionen einschließlich Datenbank-Schnittstellen und Microsoft® Excel® Tabellen ermöglichen den einfachen Aufbau eines Modells. PSS®SINCAL unterstützt den Import und Export im PSS®E Dateiformat und den neuen XML-basierten ENTSO-E CIM Profilen.

Herausgeber  
Siemens AG 2016

Energy Management Division  
Freyeslebenstraße 1  
91058 Erlangen, Deutschland

Kontaktieren Sie uns:  
[power-technologies.energy@siemens.com](mailto:power-technologies.energy@siemens.com)

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.  
Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsabschluss ausdrücklich vereinbart werden.