

# FRAUNHOFER-INNOVATIONSClUSTER

## Leistungselektronik für Regenerative Energieversorgung

### Zustandsüberwachung und Restlebensdauerschätzung für Frequenzumrichter in Windenergieanlagen

Diego Coronado\*

Simon Weber\*\*

Prof. Dr.-Ing. Jan Wenske\*

Prof. Dr.-Ing. Axel Mertens\*\*

\* Fraunhofer-Institut für Windenergie und  
Energiesystemtechnik IWES

Appelstraße 9A

30167 Hannover

[diego.coronado@iwes.fraunhofer.de](mailto:diego.coronado@iwes.fraunhofer.de)

\*\* Institut für Antriebssysteme und  
Leistungselektronik (IAL),

Leibniz Universität Hannover

Welfengarten 1

30167 Hannover

[simon.weber@ial.uni-hannover.de](mailto:simon.weber@ial.uni-hannover.de)

#### Ausgangssituation und Zielsetzung

Gemäß der RELIAWIND-Studie aus dem Jahr 2011 werden 13% der Ausfälle von Windenergieanlagen (WEA) durch das Frequenzumrichtersystem verursacht [1]. Da keine Zustandsüberwachungssysteme (CMS) für den Umrichter verfügbar sind, treten diese Ausfälle zumeist unvermittelt auf. Die Arbeiten zielen darauf ab, Ansätze zur Fehlerfrüherkennung und Restlebensdauerschätzung für WEA-Frequenzumrichter zu entwickeln, um eine präventive Instandhaltung zu ermöglichen und auf diese Weise ausfallbedingte Stillstandszeiten zu reduzieren. Für eine Zustandsüberwachung von Interesse sind dabei Fehler, die sich graduell entwickeln. Dies sind insbesondere die Alterung von IGBT und Verbindungstechnik sowie eine Degradation der zwischenkreisseitigen Isolation.

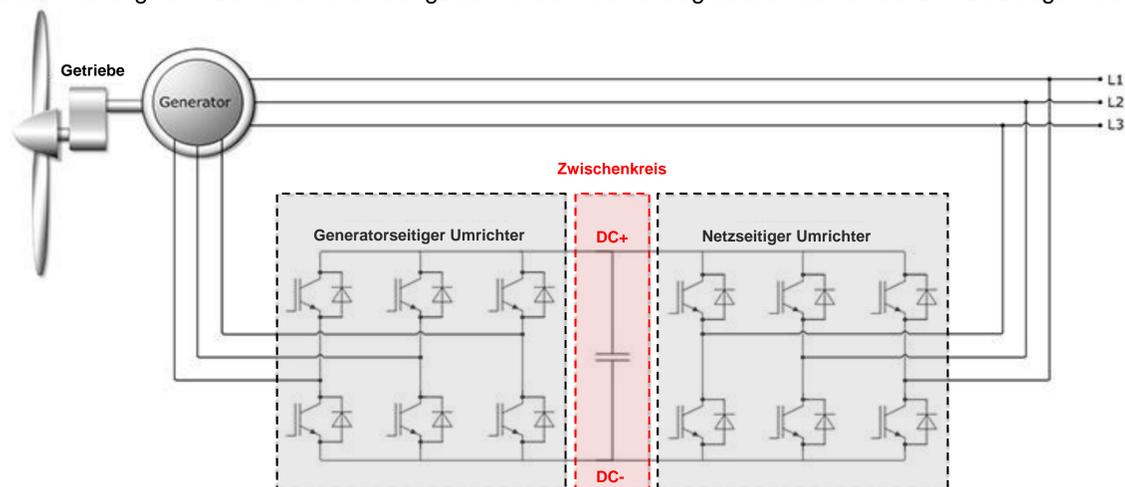


Abb. 1: Struktur eines Frequenzumrichters in einer WEA mit doppelt gespeistem Asynchrongenerator

#### Überwachung der IGBT-Sperrschichttemperatur

Die Alterung im IGBT-Modul wird hervorgerufen durch den zyklischen Verlauf der Sperrschichttemperatur im Betrieb. Bonddrahtablösung oder Lotschichtdegradation sind die bekannten Ausfallmechanismen.

In diesem Teilprojekt wird zunächst das Ziel verfolgt, die Sperrschichttemperatur  $T_j$  im Betrieb mittels thermosensitiver elektrischer Parameter (TSEPs) zu bestimmen. Ausgewertet wird die temperaturabhängige Zeitdauer  $\Delta t$  des Ausschaltvorgangs.

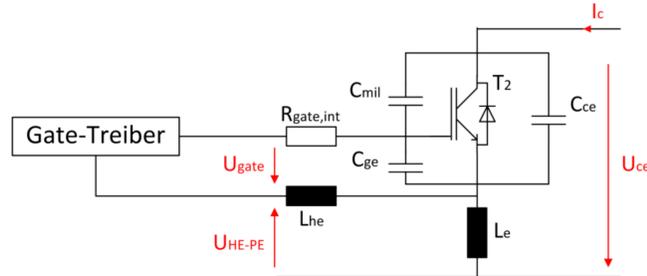


Abb. 2: IGBT mit parasitären Kapazitäten und Anschlussinduktivitäten

Gemessen werden am IGBT die Spannungen  $U_{gate}$  und die Spannung  $U_{HE-PE}$ . Der Ausschaltvorgang beginnt durch ein Absinken von  $U_{gate}$ . Der Schaltvorgang ist beendet, sobald der Kollektorstrom auf Null abgesunken ist. Das Erreichen des Werts Null induziert einen positiven Spannungspuls an  $U_{HE-PE}$ .

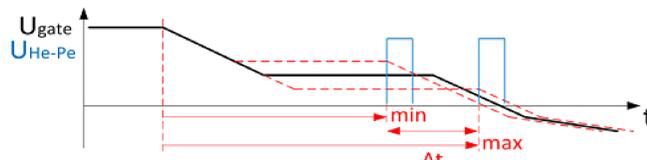


Abb. 3: Ausschaltvorgang eines IGBT

Die Zeitdauer  $\Delta t$  hängt ab von  $T_j$ ,  $I_c$ ,  $U_{ce}$ . Zur Auswertung wurde dazu am IAL eine analoge Messschaltung entwickelt. Es ergibt sich:  $\Delta t(T_j)$  von 1,5 ns/K bis 3,6 ns/K.

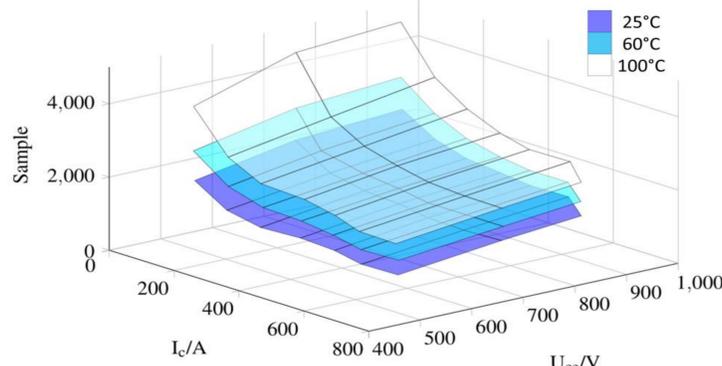


Abb. 4: Sample-Werte der Messschaltung in Abhängigkeit von  $T_j$ ,  $I_c$  und  $U_{ce}$

#### Zwischenkreisseitige Isolationsüberwachung

Luftfeuchtigkeitsinduzierte Ausfallmechanismen, die zu Kurzschluss, Korrosion bzw. Elektromigration führen können, sind von großer Bedeutung für die Zuverlässigkeit von Frequenzumrichtern in Windenergieanlagen.

Gemäß dem derzeitigen Kenntnisstand können Kurzschlüsse in den IGBT-Modulen von WEA-Frequenzumrichtern zwischen DC+ und DC- durch kondensierende Feuchte und das Herauslösen von Ionen aus den Stromleitern hervorgerufen werden. Da die Degradation der Isolation zwischen DC+ und DC- in diesem Fall über die resultierenden Kriechströme messbar ist, bietet sich die Verwendung von Isolationsüberwachungsgeräten als ein Ansatz zur Online-Überwachung feuchtigkeitsbedingter Degradation im Frequenzumrichter an.

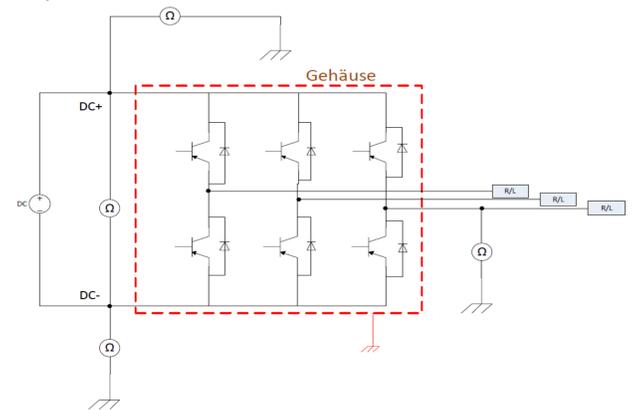


Abb. 5: Möglicher Messaufbau zur Bestimmung von Isolationswiderständen

Dieser neuartige Ansatz zur Zustandsüberwachung wird hinsichtlich seiner Anwendbarkeit untersucht. Dazu erfolgt im ersten Schritt eine Messung des Isolationswiderstands im fehlerfreien Zustand, um Referenzwerte zu ermitteln. Im zweiten Schritt wird die Änderung des Isolationswiderstands, der als Indikator für eine Isolationsdegradation dienen soll, bei Beaufschlagung mit Feuchtigkeit untersucht.

#### Zusammenfassung und Ausblick

Zwei Ansätze zur Zustandsüberwachung von WEA-Frequenzumrichtern sind vorgestellt worden. Diese werden zunächst unter Laborbedingungen untersucht und im Fall entsprechender Eignung im Feld getestet.

#### Literatur

[1] M. Wilkinson, "Measuring Wind Turbine Reliability, Results of the Reliawind Project," Presentation at the European Wind Energy Conference & Exhibition EWEA 2011, Brussels, Belgium, 2011.

**Fraunhofer**  
IWES

Institut für  
Antriebssysteme und  
Leistungselektronik



**ForWind**  
Zentrum für Windenergieforschung



#### In Zusammenarbeit mit:

Availon GmbH  
Bender GmbH & Co. KG  
energy consult GmbH  
EWE Erneuerbare Energien GmbH  
FeCon GmbH  
ITEC International GmbH  
juwi Operations & Maintenance GmbH  
Leine Linde Systems GmbH  
Semikron Elektronik GmbH & Co. KG  
SSB Wind Systems GmbH & Co. KG  
Suzlon Energy GmbH  
Vattenfall AB  
Woodward Kempen GmbH  
Wpd Windmanager Technik GmbH  
ZOPF Energieanlagen GmbH  
Gothaer Allgemeine Versicherung GmbH