

UNTERSUCHUNG UND VALIDIERUNG DER STABILITÄT DER PHOTOVOLTAIK-INTEGRATION IN EIN INDUSTRIELLES MS-NETZ AUF GRUNDLAGE VON PHIL-TESTS

Carina LEHMAL^{*1}, Ziqian ZHANG², Robert SCHÜRHubER³, Lothar FICKERT⁴

Inhalt

Es ist von signifikanter Wichtigkeit, die durch die Energiewende bedingten Veränderungen der Erzeugungsstruktur des Stromnetzes zu berücksichtigen. Die diesbezüglich maßgebliche Technologie sind Stromrichter, über welche die Erzeugungsanlagen mit dem Netz verbunden werden [1], [2].

Auch große traditionelle Unternehmen, die zur Deckung ihrer Produktionskapazitäten enorme Mengen an Energie aus dem öffentlichen Netz beziehen, spielen dabei zunehmend eine bedeutende Rolle. Integrieren diese eine Photovoltaik- oder Windkraftanlage in ihr Werksnetz, entlasten sie durch ihre Eigenproduktion das öffentliche Netz und können infolgedessen auch bei Netzstörungen mehr Resilienz zeigen. Allerdings birgt die Integration erneuerbarer Erzeuger in ein Werksnetz möglicherweise Stabilitätsprobleme der Umrichter bei Störungen, welche bis zu einem Produktionsausfall führen können ([3], [4], [5]).

Dabei gilt es vor allem transiente Instabilitäten zu berücksichtigen, welche bei dynamischen Vorgängen in Betriebsmitteln sowie bei der Verschaltung mehrere Betriebsmittel auftreten. Wechselrichter lösen durch ihre Schaltvorgänge in Kombination mit der zeitlich weitreichenden Regelungsdynamik hohe Oberschwingungsamplituden in Spannung und Strom aus [1]. Diese wiederum können zu Störungen in der Stromversorgung sowie zu vorzeitiger Alterung und übermäßigen Beanspruchung von Betriebsmitteln und Isolierung führen, obwohl die verwendeten Technologien für die Netzverträglichkeit zugelassen und zertifiziert wurden [2], [6]. Aus diesem Grund müssen für umrichterbasierte Netzsysteme zunächst die Ursachen von Instabilitäten identifiziert werden und außerdem die Prüf- und Validierungsmethodik im Hinblick auf die gewonnenen Erkenntnisse angepasst werden [2], [6], damit solche Netzsysteme ohne Probleme nicht nur in das öffentliche Netz, sondern auch in Werksnetze integriert werden können.

Da aktuell ein Kontroll- und Bewertungssystem von umrichterbasierten Netzsystemen nicht einheitlich vorhanden ist, werden in diesem Beitrag anhand einer geplanten Integration einer 8-MW-Photovoltaik-Anlage in ein Industrienetz auf 6-kV-Spannungslevel die ersten Schritte zur Ausarbeitung einer praktisch umsetzbaren Methodik durchgeführt.

Methodik

Für eine wirtschaftliche Anwendung müssen die durchgeführten Bewertungsuntersuchungen zeitsparend, preisgünstig und praktikabel sein, sodass eine zuverlässige Aussage über das transiente Verhalten der zu integrierenden Anlage möglich ist. Dafür wird ein theoretisches und praktisches Beweisverfahren aufgestellt, welches die Frage der Realisierbarkeit der Integration beantwortet.

Im Voraus wird für die Konfiguration, Kalibration und Verifikation der Modelle eine dreiphasige Spannungs- und Strommessung an der Hauptsammelschiene des Industrienetzes durchgeführt. Anhand geeigneter Simulation kann nun für den theoretischen Beweis das Netzsystem in zwei Teilsysteme unterteilt werden, eines bestehend aus Wechselrichterimpedanz und das andere aus allen Komponenten bis zum Anschlusspunkt des Wechselrichters. Ausgehend davon wird die Impedanz dieser beiden Teilsysteme berechnet und ihr Frequenzgang über einen festgelegten Frequenzbereich durch die Anwendung des Frequenz-Sweeping-Algorithmus beobachtet. Bei diesem Verfahren wird auf zusätzliche externe Parameterdaten vom Hersteller verzichtet, wodurch der Wechselrichter eine Black-

¹ Carina Lehmal, TU Graz, Inffeldgasse 18, 8010 Graz, +436644063588, carina.lehmal@student.tugraz.at

² Ziqian Zhang, TU Graz, Inffeldgasse 18, 8010 Graz, +43 316 873 - 7562, ziqian.zhang@tugraz.at

³ Robert Schürhuber, TU Graz, Inffeldgasse 18, 8010 Graz, +43 316 873 - 7550, robert.schuerhuber@tugraz.at

⁴ Lothar Fickert, TU Graz, Inffeldgasse 18, 8010 Graz, +43 316 873 - 7564, lothar.fickert@tugraz.at

Box darstellt und dessen Impedanz direkt gemessen wird. Für die Analyse der Frequenzgänge bieten der impedanzbasierte Ansatz und das verallgemeinerte Nyquist-Kriterium eine geeignete Methode zur Überprüfung der Stabilität der einzelnen Komponenten sowie der Verbindung aller Komponenten.

Der „Power-Hardware-In-the-Loop“-Test (PHIL-Test) im Testlabor des Instituts für Elektrische Anlagen und Netze stellt die praktische Demonstration des Zusammenspiels des Verhaltens des gesamten Systems dar. Dabei wird die Simulation des Netzes und des DC-Kreises der Photovoltaikanlage über ein Echtzeitsystem (RTS) und nachgeschalteten Leistungsverstärker (PA) mit dem realen Wechselrichter (EUT) verbunden, wobei sich der reale Wechselrichter so verhält, als ob das Netz und die Photovoltaik reale Hardware wären. Beim PHIL-Test wird der Wechselrichter im Worst-Case-Fall, bei nur einem kleinen Prozentsatz seiner Nennleistung, betrieben.

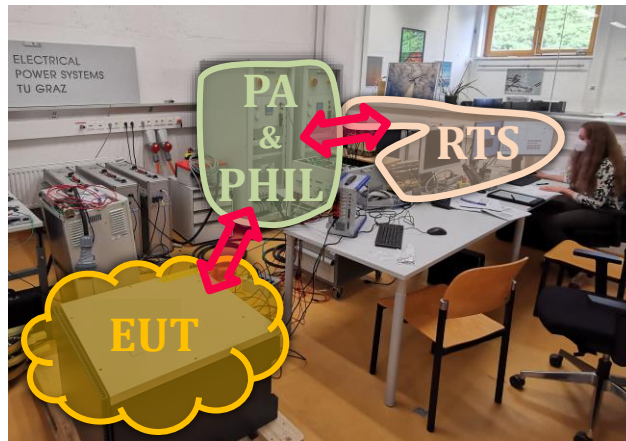


Abbildung 1: PHIL-Laboraufbau

Ergebnisse

Das Industrienetz in Verbindung mit der Photovoltaikanlage und dem Wechselrichter hat sowohl die theoretische Frequenzbetrachtung auf Basis der Stabilitätstheorie als auch das praktische Verfahren mittels PHIL-Test erfolgreich absolviert. Durch die Anwendung dieser beiden transienten Methoden wird dem Industriekunden innerhalb kurzer Zeit eine günstige, aussagekräftige und verlässliche Analyse der Gesamtsystem-Stabilität geliefert, und er kann mit diesem positiven Ergebnis das geplante erneuerbare Energieprojekt ohne Bedenken in sein Industrienetz integrieren.

Referenzen

- [1] X. W. a. F. Blaabjerg, „Harmonic Stability in Power Electronic-Based Power Systems: Concept, Modeling, and Analysis,“ *IEEE Transactions on Smart Grid*, pp. vol. 10, no. 3, pp. My 2019.
- [2] W. Cao, *Impedance-Based Stability Analysis and Controller Design*, Tennessee, 2017
- [3] H. T. F. B. X. W. Z. H. a. S. G. H. Hu, „Train–Network Interactions and Stability Evaluation in High-Speed Railways– Part I: Phenomena and Modeling,“ *IEEE Transactions on Power Electronics*, Bd. 33, Nr. 6, pp. 4627-4642, 2018.
- [4] R.-C. L. C.-Y. C. S.-Y. C. J.-H. Teng, „Harmonic current predictors for wind turbines,“ *Energies*, pp. 1314-1328, 2013.
- [5] E. S. E. Vasanasong, „The prediction of net harmonic currents produced by large numbers of residential PV inverters: Sydney Olympic village case study,“ *Ninth international conference on harmonics and quality of power*, Bd. 1, pp. 116-121, 2000.
- [6] E. T. D. N. a. R. M. J. R. Agüero, „Modernizing the Grid: Challenges and Opportunities for a Sustainable Future,“ *IEEE Power and Energy Magazine*, pp. vol. 15, no. 3, pp. 74-83, May-June 2017.