

Stabilitätsanalyse eines Energiesystems mit netzgekoppeltem Konverter

Die Struktur elektrischer Energiesysteme mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energie durchläuft seit einigen Jahren einen Veränderungsprozess. In Zukunft wird es in den Bereichen Stromerzeugung und -übertragung einen deutlich höheren Anteil an netzgekoppelter Konverter geben. Auch auf der Verbraucherseite ist eine vollziehen sich Änderungen, leistungselektronische Lasten nehmen zu und AC/DC-Hybridnetze oder auch reine DC-Netze sind in Zukunft zu erwarten. Dies zeigt, dass das zukünftige Energiesystem einen klaren Trend der netzgekoppelter Konverter aufweist. Im Gegensatz zu klassischen Elementen der Energietechnik, deren inhärente Eigenschaften bekannt waren, hängt das Betriebsverhalten moderner, netzgekoppelter Konverter von den implementierten Regel- und Schutzalgorithmen ab. Dies führt zu grundlegenden Änderungen in der Theorie der Stabilitätsanalyse und der optimalen Betriebsweise des Energiesystems.

Problemstellung und Lösungsansatz

Aufgrund der Nichtstandardisierung und Nichtlinearisierung der Regelungsstrategie sowie der breiten Zeitskala der dynamischen Eigenschaften (von der Mikrosekundenklasse bis zur Sekundenklasse) ist es sehr schwierig, das Energiesystem mit netzgekoppelten Convertoren in einer umfassenden und integrierten Stabilität zu analysieren. Darüber hinaus verschärft die Interaktion zwischen den Regelstrategien mehrerer netzgekoppelter Konverter die Schwierigkeit der Analyse.

Durch die Kombination der Modellierung netzgekoppelter Konverter und der Stabilitätsanalyse von stationärem und transientem Zustand schlägt dieses Projekt eine systematische, umfassende und universelle Methode zur Stabilitätsanalyse von Energiesystemen mit netzgekoppelter Konverter vor. Basierend auf diesem Satz von Stabilitätsanalysemethoden liefert dieses Projekt eine theoretische Grundlage und Methode zur Optimierung und Test von netzgekoppelter Konverter.

Analyse der Stabilität im Steady-State-Bereich

Die stationäre Stabilitätsanalysemethode linearisiert das System in der Nähe des Betriebspunktes des Gerätes und idealisiert den netzgekoppelten Konverter als geregelte Strom- oder Spannungsquelle und eine serielle oder parallele virtuelle Impedanz, wie in Abbildung 1 dargestellt.

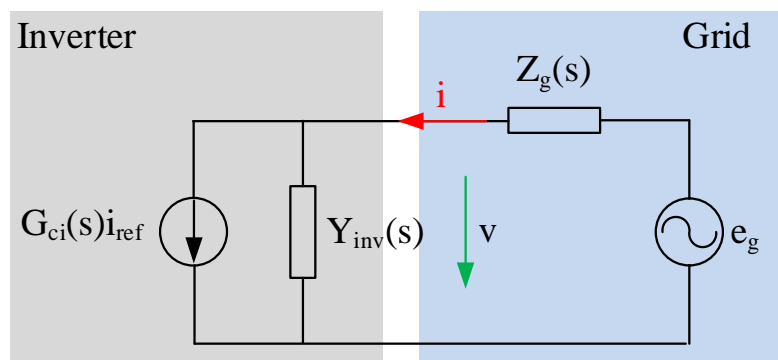


Abbildung 1. Das Ersatzschaltbild des Wechselrichter-Netz-Systems.

In diesem Projekt wird die Linearisierung der Netzsynchronisationssteuereinheit durchgeführt, wie z.B. Phasenregelkreise und P-f-Regelkreise. Im Modellierungs- und Analyseprozess wird auch die mit der Netzsynchronisationsregeleinheit gekoppelte Regeleinheit berücksichtigt. Mit dieser Analysemethode kann der Mechanismus des Instabilitätsphänomens einschließlich der subsynchronen Schwingung und der harmonischen Schwingung, wie in Abbildung 2 dargestellt, eindeutig erklärt werden. Sie kann die Interaktion zwischen großen netzgekoppelten Konverter leicht analysieren.

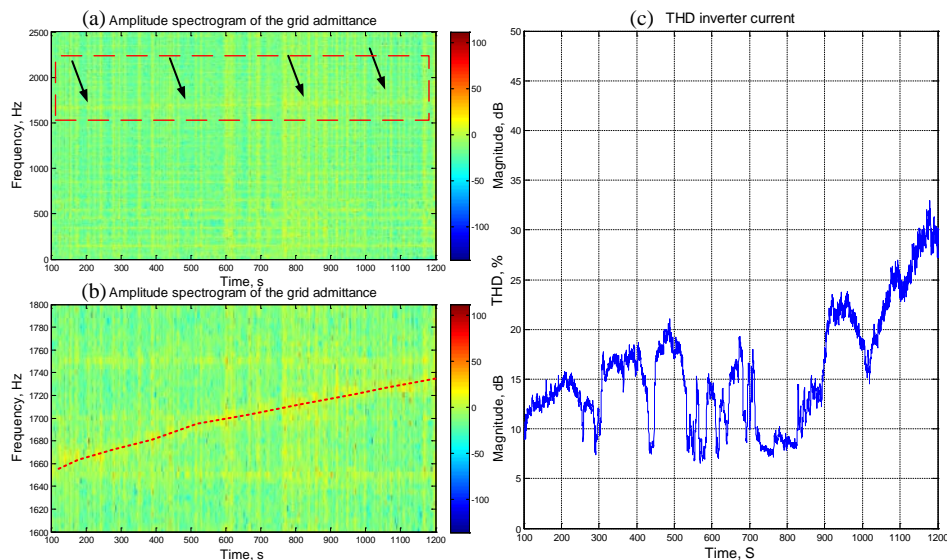


Abbildung 2. Die Messdaten für die Photovoltaik-Ladestation

Analyse der Stabilität von Transienten-Zuständen

Der Analysegegenstand der Methode der transienten Stabilitätsanalyse ist die Stabilität von netzgekoppelten Konverter, wenn sich die Netzsituation plötzlich ändert. Bei diesem Verfahren ist der Betriebspunkt eines netzgekoppelten Konverter weit von seinem stationären Betriebspunkt entfernt, so dass eine nichtlineare Analysemethode verwendet werden muss.

Für die qualitative Analyse des Systems kann eine Methode ähnlich der Phasenportraitmethode verwendet werden, d.h. die Methode der Leistungswinkel-Stabilitätsanalyse in einem klassischen Energiesystem. Mit der qualitativen Analysemethode kann die transiente Stabilität intuitiv beurteilt werden, wie in Abbildung 3 dargestellt.

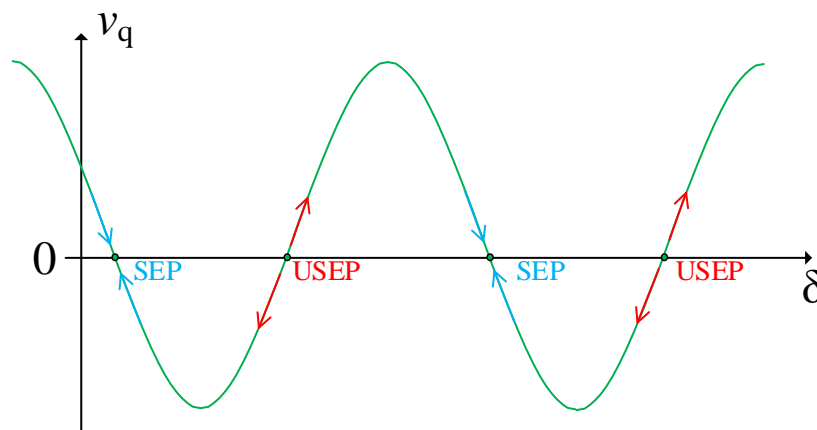


Abbildung 3. Analyse des Phasenregelkreises eines Konverter basierend auf einer phasenportraitähnlichen Methode

Die Methode der Schätzung der Domäne der Anziehung wird für die quantitative Analyse des Systems verwendet. Nach dem Ljapunov-Stabilitätskriterium wird die Anziehungsdomäne des Systems, wie in Abbildung 4 dargestellt, geschätzt und die Robustheit der transienten Stabilität des Systems erhalten. Diese Analyseemethode kann zur Erklärung und Analyse des Mechanismus einschließlich des LVRT-Versagens (Abbildung 5) und des Phänomens der Spannungsphasensprunginstabilität verwendet werden.

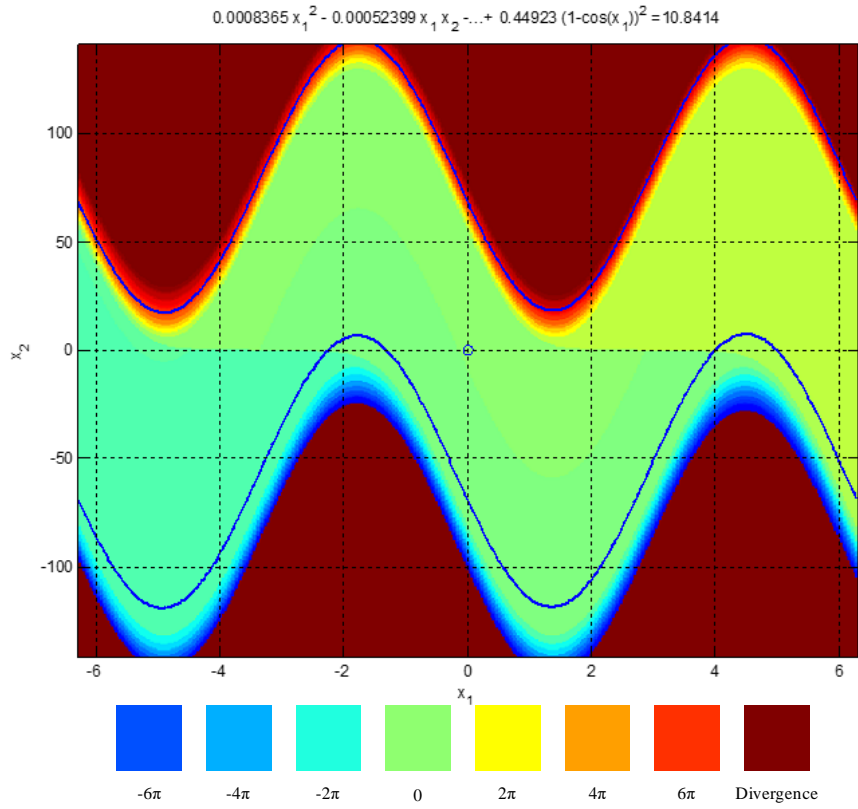


Abbildung 4 Anziehungsbereich eines netzgekoppelten Konverters` PLL

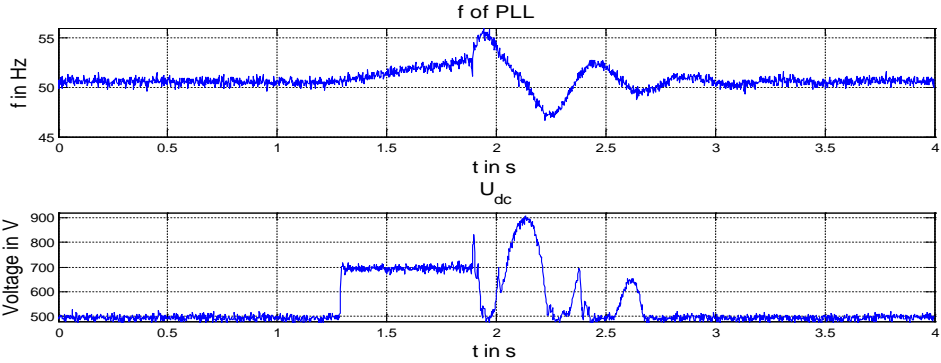


Abbildung 5 Instabilität des Konverters nach LVRT

Publikationen

2019

Zhang, Z., Schuerhuber, R., Chen, G., & Zhang, Y.

Stability and stability tests of inverter based power generation equipment.

In Energy Transition in Power Supply-System Stability and System Security; 13th ETG/GMA-Symposium (pp. 1-6). VDE.

Zhang, Z., Schürhuber, R., Fickert, L., Liu, X., Chen, Q., & Zhang, Y.

Hardware-in-the-loop Based Grid Compatibility Test for Power Electronics Interface.

In 2019 20th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE) (pp. 1-6). IEEE.

Zhang, Z., Gercek, C., Renner, H., Reinders, A., & Fickert, L.

Resonance instability of photovoltaic E-bike charging stations: Control parameters analysis, modeling and experiment.

Applied Sciences, 9(2), 252.

2018

Zhang, Z., Schürhuber, R., Fickert, L., & Zhang, Y.

Stability of Grid-connected Photovoltaic Inverters During and After Low Voltage Ride Through.

In 8th Solar Integration Workshop: International Workshop on Integration of Solar into Power Systems.

Zhang, Z., & Fickert, L.

Power hardware-in-the-loop test of the energy feedback device in urban rail transportation system.

In 2018 19th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE) (pp. 1-4). IEEE.

Projektinformationen



Kontakt



Dr. Ziqian ZHANG
[\[Link zur Visitenkarte\]](#)



Fakten

- Projektleiter: Dr. Ziqian ZHANG
- Mitarbeiter: Dipl.-Ing. BSc Ing. Manuel Galler, Fogh-lis. Lis. Hasan Akbari



Partner

- Tongji University, China
- Shanghai Dianji University, China