

VERGLEICH VON REGELKONZEPTEN VON UMRICHTERN FÜR EINE 100 % ERNEUERBARE ENERGIEERZEUGUNG

Philipp HACKL^{1*}, Ziqian ZHANG¹, Robert SCHÜRHubER¹

Allgemeiner Hintergrund

Aufgrund der steigenden Anzahl an Photovoltaik- und Windkraftanlagen, Batteriespeichern sowie der Umrüstung von großen Wasserkraftwerken werden immer mehr umrichterbasierte Erzeugungsanlagen ans Stromnetz angeschlossen. Zusammen mit dem Ausbau von HVDC-Links, eingebetteten DC-Systemen und zukünftig möglichen MVDC-Netzen als Unterstützung des bestehenden AC-Netzes führt dies zur Verdrängung der klassisch genutzten Synchrongeneratoren. Aufgrund der niedrigeren Überlastungsfähigkeit und der fehlenden Schwungmasse (Inertia) der leistungselektronischen Betriebsmittel reduziert sich die Frequenzstabilität des Netzes mit den nach heutigem Stand eingesetzten Umrichtern.

Technischer Hintergrund

Bei den leistungselektronischen Systemen hängt das Betriebsverhalten im Gegensatz zu den inhärenten Eigenschaften der klassisch genutzten Synchrongeneratoren von den implementierten Regel- und Schutzalgorithmen [1] ab. Hierbei gibt es in der Literatur [2] [3] eine Vielzahl an unterschiedlichen Regelkonzepten, wobei die meisten Umrichter derzeit mit dem sogenannten „grid following“-Regelkonzept betrieben werden. Hierbei wird der Referenzphasenwinkel der Spannung am Netzanschlusspunkt über einen Phasenwinkelregelkreis (PLL – phase-locked loop) erhalten. Dieser Referenzwinkel dient anschließend als Grundlage für die Transformation der Regelgrößen und der gesamten Leistungsregelung.

Um eine höhere Netzstabilisierung zu gewährleisten sind in den letzten Jahren die sogenannten „grid forming“-Regelkonzepte aufgekommen [4] [5]. Diese benötigen keinen Referenzwinkel der Netzspannung und können auch als „stand-alone“ Erzeugungsanlagen betrieben werden. Von der Grundidee für das Betreiben von Mikronetzen als konstante Spannungsquelle aus, werden diese Regelkonzepte für die Nutzung im öffentlichen Stromnetz weiterentwickelt.

Vergleich von Regelkonzepten

In diesem Artikel werden die wesentlichen Regelkonzepte bezüglich ihrer Netzdienlichkeit untersucht und wesentliche Aspekte für zukünftig Umrichter dominierte Netzbezirke analysiert. Hierbei ist auch festzuhalten, dass das Regelkonzept von umrichterbasierte Anlagen primär durch die integrierte Software vorgegeben ist und ein Wechsel des Konzeptes daher mit entsprechend niedrigem Aufwand und Kosten prinzipiell möglich ist.

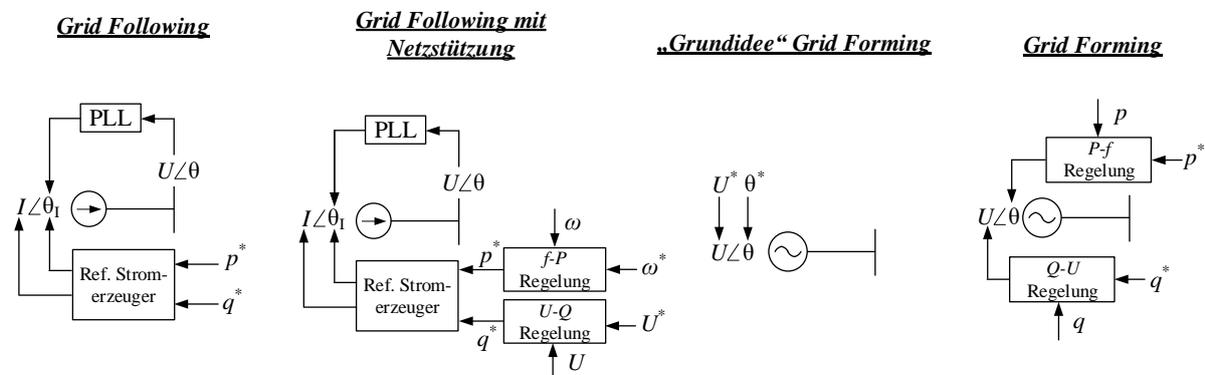


Abbildung 1: Überblick der Regelkonzepte für umrichterbasierte Systeme

¹ Technische Universität Graz – Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Inffeldgasse 18/1, +43 316 873 - 7567, philipp.hackl@tugraz.at, www.iean.tugraz.at

Grid Following

Im Allgemeinen wird bei diesem Regelkonzept versucht die gesamte Leistung der DC-Spannungsseite ohne Berücksichtigung von Frequenz- bzw. Spannungsstützung in das AC-Netz einzuspeisen. Es wird der Referenzwinkel der Spannung am Netzanschlusspunkt benötigt und somit ist kein Stand-alone-Betrieb möglich. Dieses Regelkonzept zeichnet sich durch einen stabilen Betrieb bei starken Netzen und einer guten FRT-Fähigkeit (fault ride through) durch dynamische Netzstützung mithilfe der PLL aus. Der Nachteil dieses Konzeptes ist die Verringerung der Stabilität bei schwächeren Netzen und die fehlende Netzstützung bei kleinen Abweichungen vom stationären Fall.

Grid Following mit Netzstützung

Aufbauend auf dem bereits beschriebenen „grid following“-Regelkonzept wird hier durch überlagerte Regelkreise eine Frequenz- und Spannungsstützung hinzugefügt. Aufgrund bleibender Abhängigkeit vom Referenzwinkel der Netzspannung ist jedoch weiter kein Stand-alone-Betrieb möglich. Weiters sind für die Implementierung von synthetischer Schwungmasse Energiespeicher auf der DC-Spannungsseite nötig.

„Grundidee“ Grid Forming

Bei diesem Regelkonzept wird die Spannungsamplitude und der Spannungswinkel ohne Netzstützung direkt vorgegeben, welche anschließend als Spannungsreferenz im Stand-alone Betrieb und für andere Regelkonzepte dienen kann. Aufgrund von möglichen Ausgleichsströmen sind diese jedoch nicht in Mehrzahl bzw. im öffentlichen Netz verwendbar.

Grid Forming

Dieses spannungsgeregelte Regelkonzept hängt nicht mehr von dem Referenzwinkel der Netzspannung ab, wodurch ein Stand-alone-Betrieb möglich ist. Desweiteren kann durch die Regelung z.B. das Verhalten von Synchronmaschinen in verschiedenen Detaillierungsgraden nachgebildet und somit die Frequenzstabilität des Netzes erhöht werden, wodurch dieses Regelkonzept für schwache Netze gut geeignet ist. Die Nachteile sind ein benötigter Energiespeicher auf der DC-Spannungsseite und das Blockieren der überlagerten Regelung bei einer Strombegrenzung.

Zusammenfassung und Ausblick

Anhand dieses Vergleiches können Anwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Regelkonzepte vorgeschlagen und in Zukunft das Fehlverhalten der leistungselektronischen Systeme näher untersucht werden.

Referenzen

- [1] Ziqian Zhang et al., "Differences in Transient Stability Between Grid Forming and Grid Following in Synchronization Mechanism," in p. 63. [Online]. Available: <https://graz.pure.elsevier.com/de/publications/differences-in-transient-stability-between-grid-forming-and-grid->
- [2] M. Paolone et al., "Fundamentals of power systems modelling in the presence of converter-interfaced generation," *Electric Power Systems Research*, vol. 189, p. 106811, 2020, doi: 10.1016/j.epsr.2020.106811.
- [3] S. Reichert, G. Griepentrog, and B. Stickan, "Comparison between grid-feeding and grid-supporting inverters regarding power quality," in 2017 IEEE 8th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), Florianopolis, Brazil, Apr. 2017 - Apr. 2017, pp. 1–4.
- [4] D. Pattabiraman, R. H. Lasseter., and T. M. Jahns, "Comparison of Grid Following and Grid Forming Control for a High Inverter Penetration Power System," in 2018 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), Portland, OR, Aug. 2018 - Aug. 2018, pp. 1–5.
- [5] R. Rosso, X. Wang, M. Liserre, X. Lu, and S. Engelken, "Grid-forming converters: an overview of control approaches and future trends," in 2020 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Detroit, MI, USA, Oct. 2020 - Oct. 2020, pp. 4292–4299.