

OPTIMIERUNG DES DYNAMISCHEN VERHALTENS NETZSTÜTZENDER ANLAGEN AM BEISPIEL DER VIRTUELLEN SYNCHRONMASCHINE

**Timo Dewenter^{*1,2}, Benjamin Werther^{3,4},
Alexander K. Hartmann¹, Hans-Peter Beck³**

Motivation

Die Bereitstellung von Systemdienstleistungen ist heutzutage eine immer mehr an Bedeutung gewinnende Anforderung an die Verteilnetze. Der in einer VDE-Studie [1] formulierte Vorschlag hierfür ist die Organisation des Verteilnetzes in einer Zellenstruktur, sogenannten „Smart-Supply-Zellen“. Wenn Anlagen, die sich zu solchen Zellen zusammengeschlossen haben, nun Systemdienstleistungen, im Sinne von Frequenzstützung oder auch Kurzschlussleistung, bereitstellen sollen, hat dies zur Konsequenz, dass sie selbständig und ohne aufwendige Kommunikationseinrichtungen instantan auf Ereignisse im Netz (wie zum Beispiel eine Frequenzänderung) reagieren müssen. Diese Reaktion der Zelle muss planbar sein, sodass auf Grund der Einstellungen der Parameter der Einzelanlagen ein gewünschtes Gesamtverhalten entsteht. Eine Möglichkeit, dies zu realisieren, ist die Optimierung eines Gütefunktionalen bezüglich der Anlagenparameter, wobei das Gesamtsystem durch ein hochdimensionales nichtlineares Differentialgleichungssystem beschrieben wird. Hierzu betrachten wir exemplarisch die Optimierung einer Virtuellen Synchronmaschine [2] (VISMA). Die vorgestellte Methode ist jedoch für die Optimierung beliebiger Anlagentypen geeignet.

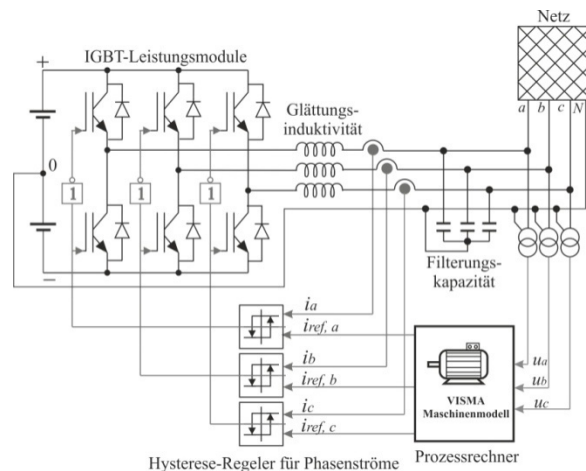


Abbildung 1: Technische Grundstruktur der VISMA mit Hysterese-/Phasenstromregler [2]

Methodik

Prinzip der VISMA

Die VISMA basiert auf einem 3-phasigen Wechselrichter, der ein fester Bestandteil der meisten dezentralen Energieerzeuger ist. Durch Hinzufügen eines Energiespeichers an den Zwischenkreis und unter Verwendung eines speziellen Regelalgorithmus kann sich eine dezentrale Erzeugungsanlage wie eine Synchronmaschine verhalten und somit die systemstabilitätsrelevanten Dienstleistungen

¹ Institut für Physik, AG Computerorientierte Theoretische Physik, Carl-von-Ossietzky Straße 9-11 Oldenburg, Tel.: +49-441-798 3993, Fax: +49-441-798 3080, <http://www.compphys.uni-oldenburg.de/>

² timo.dewenter@uni-oldenburg.de

³ Institut für Elektrische Energietechnik und Energiesysteme, Leibnizstraße 28 Clausthal-Zellerfeld, Tel.: +49 5323-72-8101, Fax: +49 5323-72-2104, <http://www.ieee.tu-clausthal.de/>

⁴ benjamin.werther@tu-clausthal.de

selbständig und aktiv bereitstellen. Zudem besitzt dieses Anlagenkonzept eine hohe Anzahl an freien Parametern, welche die Dynamik der Anlage beeinflussen.

Optimierungsverfahren

Es soll eine VISMA hinsichtlich ihres Zeitverhaltens gegenüber Störungen optimiert werden. Dabei werden zwei Parameter, die einen direkten Einfluss auf das Dämpfungsverhalten der VISMA haben, systematisch variiert. Im Rahmen von Simulationen werden die Differentialgleichungen, die das dynamische Verhalten einer mit einem starren Netz verbundenen VISMA beschreiben, für verschiedene Parametersätze numerisch gelöst. Nach einer Einschwingphase (bis zum Zeitpunkt t_0) wird das virtuelle mechanische Moment der VISMA sprunghaft auf einen Sollwert erhöht. Das Gütefunktional, welches die Stabilität der VISMA beschreibt und dessen Minimum gesucht wird (mit Hilfe des Downhill-Simplex Algorithmus [3]), ist gegeben durch

$$E = \int_{t_0}^{t_0+T} \lambda(t) \cdot \|\bar{P} - P_{\text{Soll}}\|_2^2 dt,$$

wobei T die Messzeit, $\bar{P}(t)$ die Wirkleistung, $P_{\text{Soll}}(t) = P_0 + \Delta P \cdot e^{-(t-t_0)/\tau}$ der gewünschte exponentielle Zeitverlauf von $\bar{P}(t)$ und $\lambda(t) = \begin{cases} 1, & t \leq (T/2 + t_0) \\ 2, & t > (T/2 + t_0) \end{cases}$ ein Wichtungsparemeter ist. Zunächst ist $\tau = 0.4\text{s}$, jedoch wurden weitere Simulationen mit verschiedenen Werten für τ durchgeführt.

Ergebnisse

Vergleich zwischen Experiment und Simulation für ein Minimum des Gütefunktionals mit den angegebenen Werten der beiden (Dämpfungs-)Parameter T_d und k_d , sowie $\tau = 0.4\text{s}$:

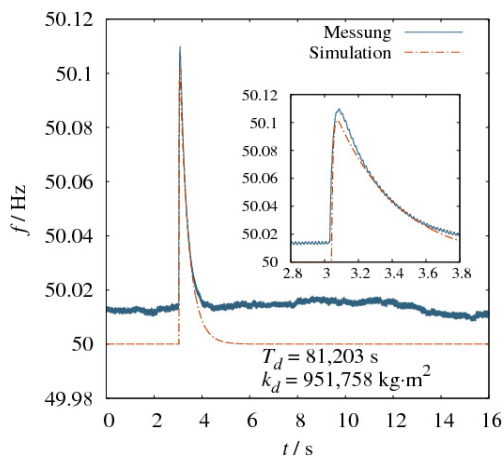


Abbildung 2: VISMA-Frequenz

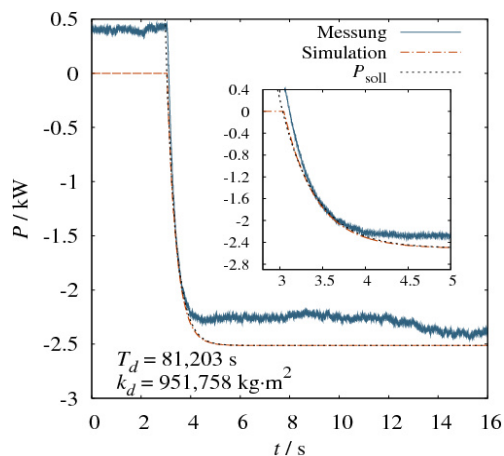


Abbildung 3: Wirkleistung der VISMA

Danksagung

Der Forschungsverbund "Smart Nord" dankt dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur für die Förderung im Rahmen des Niedersächsischen Vorab (ZN 2764/ZN 2896).

Literaturverzeichnis

- [1] ETG-Task Force Aktive Energie-Netze: Aktive Energie-Netze im Kontext der Energiewende. Studie der Energietechnischen Gesellschaft im VDE (ETG), Februar 2013
- [2] Beck, H.-P.; Hesse, R.: Virtual Synchronous Machine. IEEE 9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation (EPQU 2007). S. 1-6
- [3] Nelder, J.; Mead, R.: A Simplex method for function minimization. Computer Journal **7**, 308 (1965)