



Benjamin Werther (Autor)
**Stabilitätsanalyse zur Bereitstellung von
Momentanreserve am frequenz-starren
Übertragungsnetz durch einen
mittelspannungsnetzseitigen Verbund virtueller
Synchronmaschinen**

Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen

efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen



TU Clausthal

Stabilitätsanalyse zur Bereitstellung
von Momentanreserve am frequenz-
starren Übertragungsnetz durch einen
mittelspannungsnetzseitigen Verbund
virtueller Synchronmaschinen

Benjamin Werther

Promotion an der Technischen Universität Clausthal

Band 73



Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8610>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zum Aufbau der Frequenzregelung und Notwendigkeit der Momentanreserve	3
1.2	Prinzipieller Aufbau von Virtuellen Synchronmaschinen und deren Entwicklung	10
1.2.1	Konzepte zur Bereitstellung virtueller Schwungmasse	11
1.2.2	Verwendete Modelle	14
1.2.3	Klassisches vereinfachtes Maschinenmodell	15
1.2.4	Maschinenmodell nach Chen	19
1.3	Motivation und Aufbau der Arbeit	21
1.3.1	Beispielanordnung und sich daraus ergebende Fragestellungen	21
1.3.2	Aufbau und Einordnung der Arbeit	23
1.3.3	Verallgemeinerung der Beispielanordnung	24
2	Parametrierung der Modelle	31
2.1	Anpassung der Modellgleichungen	33
2.2	Ruhelagen der Modelle	35
2.3	Bereitgestellte Energie nach Frequenzänderung	36
2.4	Normierung der VISMA-Modelle	39
2.4.1	Normierung des KVM-Modells	39
2.4.2	Normierung des Chen-Modells	41
2.5	Kleinsignalverhalten der Modelle	45
2.5.1	Kleinsignalverhalten des KVM-Modells	45
2.5.2	Kleinsignalverhalten des Chen-Modells	52

2.6	Dimensionierung, Verifikation und Vergleich der Modelle	60
2.6.1	Modellunabhängige Vorgaben	60
2.6.2	Dimensionierung des KVM-Modells	63
2.6.3	Dimensionierung des Chen-Modells	65
2.6.4	Verifikation und Vergleich der Modelle	67
3	Lyapunov-Funktion des KVM-Modells	83
3.1	Nutzen von Lyapunov-Funktionen zum Ermitteln des Großsi- gnalverhaltens	85
3.2	Lyapunov-Funktion für das KVM-Modell	87
3.3	Erweiterung der Lyapunov-Funktion	96
4	Stabiler Verbundbetrieb des KVM-Modells	105
4.1	Stabilitätsanalyse gekoppelter Systeme	106
4.2	Anwendung des Analyseverfahrens der gekoppelten Systeme auf 2-VISMA System an einer Sammelschiene	109
4.2.1	Eine VISMA am starren Netz ($N = 1$)	109
4.2.2	2-VISMA Systeme an einer Sammelschiene	111
4.3	Stabilitätsuntersuchung für N-VISMA Systeme an einer Sam- melschiene	120
5	Fazit	125
5.1	Zusammenfassung und Evaluation	126
5.2	Grenzen des Verfahrens und weitergehende Fragestellungen . .	129
A	Aufbau der verwendeten Umrichter	131
B	Symbolverzeichnis	133
	Literaturverzeichnis	139