

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
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
<b>2</b>	<b>Parametrierung der Modelle</b>	<b>31</b>
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
<b>3</b>	<b>Lyapunov-Funktion des KVM-Modells</b>	<b>83</b>
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
<b>4</b>	<b>Stabiler Verbundbetrieb des KVM-Modells</b>	<b>105</b>
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
<b>5</b>	<b>Fazit</b>	<b>125</b>
5.1	Zusammenfassung und Evaluation . . . . .	126
5.2	Grenzen des Verfahrens und weitergehende Fragestellungen . .	129
<b>A</b>	<b>Aufbau der verwendeten Umrichter</b>	<b>131</b>
<b>B</b>	<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>133</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>139</b>