

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	I
1 Einleitung	1
2 Grundlagen der virtuellen Synchronmaschine (VISMA).....	5
2.1 Prinzipieller Aufbau einer VISMA.....	5
2.2 Verwendete Synchronmaschinenmodelle.....	6
2.2.1 dq-Maschinenmodell	7
2.2.2 Vereinfachtes abc-Maschinenmodell	15
2.2.3 Gegenüberstellung beider Modelle beim Einsatz in der VISMA	20
2.3 Phasenstromregelung.....	23
2.3.1 Zweipunkt-Phasenstromregler	24
2.3.2 Schaltfrequenz des Zweipunkt-Phasenstromreglers.....	26
2.3.3 Zwischenkreisspannung	28
3 Systemverhalten der VISMA	34
3.1 Startvorgang und Synchronisierung der VISMA mit dem Netz.....	34
3.2 Wirk- und Blindleistung der VISMA	35
3.2.1 Einstellung der Wirk- und Blindleistung der VISMA.....	36
3.2.2 Betriebsgrenze der VISMA.....	40
3.3 Dynamische Wirkung der virtuellen Impedanz.....	43
3.4 Dynamische Wirkung der virtuellen rotierenden Masse	46
3.5 Dynamische Wirkung der virtuellen Dämpfung	56
3.6 Leistungsregelung der VISMA.....	61
3.6.1 Netzparallelbetrieb	62
3.6.2 Regelkonzept für Inselbetrieb	70
3.7 Inselnetzbildung.....	70
3.7.1 Schwarzstart	71
3.7.2 Ausfall des überlagerten Netzes.....	76

4	Experimentelle Untersuchung der Erbringung von Systemdienstleistungen durch die VISMA	80
4.1	Aufbau des Versuchsnetzes	80
4.2	Erbringung von Systemdienstleistungen durch die VISMA im Netzparallelbetrieb	82
4.2.1	VISMA zur Frequenzhaltung	83
4.2.2	VISMA zur Spannungshaltung	91
4.3	Betriebsverhalten der VISMA im Inselnetzbetrieb	97
4.3.1	VISMA als Alleinerzeuger im Inselnetz	98
4.3.2	VISMA mit anderem Generator im Inselnetz	100
4.3.3	Übergang beim Netzbetriebsartwechsel	109
5	Zusammenfassung und Ausblick	118
	Anhang	122
	Literaturverzeichnis	124