

VEREIN DEUTSCHER  
INGENIEURE  
  
VERBAND DER  
ELEKTROTECHNIK  
ELEKTRONIK  
INFORMATIONSTECHNIK

# Regelung von Synchronmaschinen

## Control of synchronous machines

VDI/VDE 3680

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	4	Preliminary note . . . . .	4
<b>1 Zweck und Geltungsbereich . . . . .</b>	<b>4</b>	<b>1 Objective and scope . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>2 Einleitung . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>2 Introduction . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>3 Formelzeichen und Benennungen. . . . .</b>	<b>5</b>	<b>3 Symbols and terms . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>4 Netzmodellierung . . . . .</b>	<b>10</b>	<b>4 Network modelling . . . . .</b>	<b>10</b>
4.1 Inselnetz . . . . .	10	4.1 Separate network . . . . .	10
4.2 Leistungsstarkes Netz . . . . .	10	4.2 High-power network . . . . .	10
4.3 Verbundnetz . . . . .	10	4.3 Interconnected network . . . . .	10
<b>5 Synchronmaschinen . . . . .</b>	<b>12</b>	<b>5 Synchronous machines . . . . .</b>	<b>12</b>
5.1 Arten der Synchronmaschine . . . . .	12	5.1 Types of synchronous machines . . . . .	12
5.1.1 Synchrongeneratoren . . . . .	13	5.1.1 Synchronous generators. . . . .	13
5.1.2 Synchronblindleistungsmaschinen. . . . .	13	5.1.2 Synchronous condensers . . . . .	13
5.1.3 Synchronmotoren. . . . .	13	5.1.3 Synchronous motors. . . . .	13
5.1.4 Betrieb der Synchronmaschine am Umrichter . . . . .	13	5.1.4 Operation of the synchronous machine connected to a converter. . . . .	13
5.2 Kenngrößen der Synchronmaschine. . . . .	14	5.2 Characteristic quantities of a synchronous machine. . . . .	14
5.2.1 Reaktanzen . . . . .	15	5.2.1 Reactances. . . . .	15
5.2.2 Widerstände. . . . .	19	5.2.2 Resistances . . . . .	19
5.2.3 Zeitkonstanten . . . . .	20	5.2.3 Time constants. . . . .	20
5.2.4 Bemessungs-Anlaufzeit $\tau_j$ . . . . .	22	5.2.4 Rated run-up time constant, $\tau_j$ . . . . .	22
5.3 Beschreibung der Synchronmaschine. . . . .	22	5.3 Description of the synchronous machine . . . . .	22
5.3.1 Park-Transformation . . . . .	23	5.3.1 Park transformation . . . . .	23
5.3.2 Bezugsgrößen. . . . .	24	5.3.2 Reference quantities. . . . .	24
5.3.3 Park'sche Gleichungen . . . . .	26	5.3.3 Park's equations . . . . .	26
5.3.4 Bestimmung der Kenngrößen des Modells . . . . .	29	5.3.4 Determination of the characteristic quantities of the model . . . . .	29
5.3.5 Behandlung des stationären Betriebs der Synchronmaschine . . . . .	32	5.3.5 Consideration of the steady-state operation of the synchronous machine . . . . .	32
5.3.6 Dynamisches Verhalten der Synchronmaschine . . . . .	33	5.3.6 Dynamic response of the synchronous machine . . . . .	33

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

Fachausschuss Regelung von Synchronmaschinen und Transformatoren

VDI/VDE-Handbuch Regelungstechnik  
VDI-Handbuch Energietechnik

	Seite		Page
<b>6 Erregereinrichtungen, Aufbau und Wirkungsweise</b>	35	<b>6 Excitation equipment, design, and functioning principle</b>	35
6.1 Erregermaschine	36	6.1 Exciter	36
6.1.1 Gleichstromerregermaschine	36	6.1.1 DC exciter	36
6.1.2 Drehstromerregermaschine	37	6.1.2 Three-phase AC exciter	37
6.2 Statische Erregereinrichtungen	40	6.2 Static excitation equipment	40
6.2.1 Stromrichtererregung mit einer Drehstrombrücke	40	6.2.1 Power converter excitation with three-phase bridge connection	40
6.2.2 Stromrichtererregung mit gegenparallelen Drehstrombrücken	41	6.2.2 Power converter excitation with inverse-parallel three-phase bridge connections	41
6.2.3 Kompound-Erregereinrichtungen	42	6.2.3 Compound-source excitation equipment	42
6.3 Oberschwingungen und Netzrückwirkung	43	6.3 Harmonics and network perturbation	43
<b>7 Regeleinrichtungen, Aufbau und Wirkungsweise</b>	44	<b>7 Control equipment, design, and functioning</b>	44
7.1 Analoge Regler	45	7.1 Analog controllers	45
7.1.1 FührungsgröÙengeber	45	7.1.1 Setpoint adjuster	45
7.1.2 Regler	45	7.1.2 Controller	45
7.1.3 Erfassung der RegelgröÙen	45	7.1.3 Sensing of controlled-variable value	45
7.1.4 Begrenzungen	45	7.1.4 Limiters	45
7.1.5 Verbesserung der Stabilität	47	7.1.5 Improving stability	47
7.2 Digitale Regler	47	7.2 Digital controllers	47
7.2.1 Aufbau und Funktion digitaler Regler	47	7.2.1 Structure and functioning of digital controllers	47
7.2.2 Struktur und Elemente digitaler Regler	48	7.2.2 Structure and components of digital controllers	48
<b>8 Regelverhalten im stationären Betrieb</b>	50	<b>8 Control response during steady-state operation</b>	50
8.1 Ursachen und Arten der Abweichungen	50	8.1 Causes and types of deviations	50
8.2 KenngröÙen zur Kennzeichnung des Regelverhaltens	50	8.2 Characteristic quantities describing the control response	50
8.3 Prüfverfahren	52	8.3 Testing methods	52
8.4 Regelkennlinien, FührungsgröÙen	52	8.4 Control characteristics, reference input variables	52
8.4.1 Spannungsregelung mit Begrenzungen	52	8.4.1 Voltage control with limit values	52
8.4.2 Kombination von Spannungsregelung mit Blindleistungsregelung	53	8.4.2 Combination of voltage control and reactive-power control	53
8.4.3 FührungsgröÙe	54	8.4.3 Reference input variable	54
8.4.4 Kombination von Spannungsregelung und Regelung nach konstantem Spannungs-Frequenz-Verhältnis	54	8.4.4 Combination of voltage control and control according to a constant voltage-to-frequency ratio	54
<b>9 Verhalten bei kleinen Abweichungen</b>	55	<b>9 Response to small deviations</b>	55
9.1 Ursachen und Arten der Abweichungen	55	9.1 Causes and types of deviations	55
9.2 Statische Stabilität	55	9.2 Steady-state stability	55
9.3 KenngröÙen zur Kennzeichnung des Regelverhaltens	56	9.3 Characteristic quantities describing the control response	56
9.3.1 KenngröÙen der Synchronmaschine	56	9.3.1 Characteristic quantities of the synchronous machine	56
9.3.2 KenngröÙen der Erregereinrichtung	57	9.3.2 Characteristic quantities of the excitation equipment	57

	Seite		Page
9.3.3	57	9.3.3	57
9.3.4	58	9.3.4	58
9.3.5	60	9.3.5	60
9.3.6	61	9.3.6	61
9.4	62	9.4	62
9.4.1	62	9.4.1	62
9.4.2	62	9.4.2	62
9.4.3	63	9.4.3	63
9.4.4	63	9.4.4	63
9.4.5	63	9.4.5	63
<b>10</b>	<b>63</b>	<b>10</b>	<b>63</b>
10.1	63	10.1	63
10.1.1	64	10.1.1	64
10.1.2	64	10.1.2	64
10.1.3	65	10.1.3	65
10.1.4	65	10.1.4	65
10.1.5	66	10.1.5	66
10.2	66	10.2	66
10.2.1	66	10.2.1	66
10.2.2	66	10.2.2	66
10.2.3	66	10.2.3	66
10.3	67	10.3	67
10.3.1	68	10.3.1	68
10.3.2	68	10.3.2	68
10.4	69	10.4	69
Schrifttum	71	Bibliography	71