

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	XIII
1 Einleitung (von M. Reuter und S. Zacher).....	1
1.1 Das Prinzip der Regelung.....	3
1.2 Darstellung im Wirkungsplan	5
1.3 Gerätetechnische Ausführung eines Regelkreises.....	7
1.4 Das Prinzip der Steuerung.....	8
1.5 Beispiele für einfache Regelkreise.....	9
1.6 Beispiele für vermaschte Regelkreise	12
2 Mathematische Behandlung von Regelkreisen (von M. Reuter).....	15
2.1 Beharrungszustand und Zeitverhalten eines Regelkreisgliedes	15
2.2 Das Aufstellen der Differentialgleichung	17
2.3 Lösung der Differentialgleichung	19
2.3.1 Spezielle Eingangsfunktionen.....	19
2.3.2 Lösung der Differentialgleichung bei sprunghafter Verstellung der Eingangsgröße	21
2.3.3 Lösung der Differentialgleichung durch Trennen der Veränderlichen.....	22
2.3.4 Lösung der Differentialgleichung durch geeigneten Ansatz.....	23
2.3.5 Lösung mittels Laplace-Transformation. Die Übertragungsfunktion	25
2.3.6 Lösung der Differentialgleichung bei sinusförmiger Eingangsgröße	30
2.4 Beschreibung von Regelkreisen im Frequenzbereich	34
2.4.1 Der Frequenzgang.....	34
2.4.2 Die Ortskurve.....	36
2.4.3 Beziehung zwischen Ortskurve und Sprungantwort.....	39
2.4.4 Das Bode-Diagramm	41
2.5 Beschreibung von Regelkreisen mit Übertragungsfunktionen.....	42
2.5.1 Verbindungsmöglichkeiten von Regelkreisgliedern.....	42
2.6 Behandlung des statischen Verhaltens	44
2.6.1 Statische Kennlinien	45
2.6.2 Statischer Regelfaktor.....	47
2.6.3 Linearisierung mit analytischen Verfahren.....	48
2.6.4 Linearisierung mit grafischen Verfahren	50
3 Regelstrecke (von M. Reuter).....	51
3.1 P-Strecken ohne Verzögerung.....	53
3.2 P-Strecken mit Verzögerung 1. Ordnung.....	53
3.3 P-Strecken mit Verzögerung 2. Ordnung.....	59

3.4	Strecken höherer Ordnung.....	70
3.5	Schwingungsfähige P-Strecken 2. Ordnung.....	75
3.6	I-Strecken ohne Verzögerung.....	83
3.7	I-Strecken mit Verzögerung 1. Ordnung.....	86
3.8	Strecken mit Totzeit T_t	92
3.9	Regelstrecken mit Totzeit und Verzögerung 1. Ordnung	96
4	Regeleinrichtungen (von M. Reuter)	99
4.1	Elektronische Regler mittels Operationsverstärker.....	101
4.2	Führungs- und Störverhalten des geschlossenen Regelkreises	104
4.2.1	Führungsübertragungsfunktion.....	104
4.2.2	Störübertragungsfunktion	106
4.3	Zeitverhalten stetiger Regeleinrichtungen	106
4.3.1	P-Regleinrichtung	106
4.3.1.1	P-Regleinrichtung zur Regelung einer P-T ₁ -Strecke	108
4.3.2	I-Regleinrichtung	112
4.3.2.1	I-Regleinrichtung zur Regelung einer P-T ₁ -Strecke.....	114
4.3.2.2	I-Regleinrichtung zur Regelung einer I-Strecke.....	117
4.3.3	PI-Regleinrichtung	118
4.3.3.1	PI-Regleinrichtung zur Regelung einer P-T ₁ -Strecke.....	120
4.3.3.2	PI-Regleinrichtung zur Regelung einer I-Strecke.....	124
4.3.4	D-Verhalten	125
4.3.5	PD-Regleinrichtung	127
4.3.5.1	PD-Regleinrichtung zur Regelung einer P-T ₂ -Strecke	131
4.3.6	PID-Regleinrichtung	135
4.3.6.1	PID-Regleinrichtung zur Regelung einer P-T ₂ -Strecke.....	140
5	Das Bode Diagramm. Frequenzkennlinienverfahren (von M. Reuter) ...	143
5.1	Bode-Diagramme einfacher Frequenzgänge.....	143
5.1.1	Bode-Diagramm eines P ₀ -Gliedes	144
5.1.2	Bode-Diagramm eines I-Gliedes.....	144
5.1.3	Bode-Diagramm eines D-Gliedes	146
5.1.4	Bode-Diagramm eines P-Gliedes mit Verzögerung 1. Ordnung	147
5.1.5	Bode-Diagramm eines PI-Gliedes	148
5.1.6	Bode-Diagramm eines PD-Gliedes.....	150
5.1.7	Bode-Diagramm eines P-T ₂ -Gliedes	152
5.2	Darstellung in Reihe geschalteter Glieder im Bode-Diagramm.....	153
5.2.1	Konstruktion des Bode-Diagramms mittels Einzelfrequenzgängen	153
5.2.2	Konstruktion mittels Asymptoten (aktualisiert von S. Zacher)	156
5.3	Numerische Berechnung des Bode-Diagramms	163

6 Stabilitätskriterien (von M. Reuter und S. Zacher)	167
6.1 Stabilitätskriterium nach Hurwitz	167
6.2 Stabilitätskriterium nach Nyquist.....	174
6.2.1 Graphische Ermittlung der Ortskurve bei gegebener Pol- Nullstellenverteilung.....	175
6.2.2 Ableitung des Nyquist-Kriteriums.....	177
6.2.3 Anwendung des Nyquist-Kriteriums	179
6.3 Stabilitätsuntersuchung nach Nyquist im Bode-Diagramm.....	184
6.3.1 Vereinfachtes Nyquist-Kriterium.....	189
6.3.2 Stabilitätsgüte und Phasenrand	190
6.4 Stabilitätsuntersuchung nach A. Leonhard	193
6.4.1 Zweiortskurvenverfahren.....	193
6.4.2 Zwei-Bode-Plots-Verfahren.....	198
6.4.3 Drei-Bode-Plots-Verfahren.....	200
7 Das Wurzelortskurvenverfahren (von M. Reuter)	201
7.1 Analytische Berechnung der Wurzelortskurve	203
7.2 Geometrische Eigenschaften von Wurzelortskurven	213
8 Entwurf von linearen Regelkreisen (von S. Zacher).....	221
8.1 Gütekriterien des Zeitverhaltens	221
8.2 Praktische Einstellregeln.....	224
8.2.1 Grob approximierter Strecke.....	225
8.2.2 Fein approximierter Strecke	228
8.3 Einstellregeln im Frequenzbereich.....	233
8.3.1 Frequenzkennlinienverfahren	233
8.3.2 Bode-aided Design (BAD) nach Zacher	236
8.3.3 BAD nach einem einzigen Punkt des Bode-Diagramms	239
8.4 Optimale Reglereinstellung.....	240
8.4.1 Betragsoptimum.....	240
8.4.2 Symmetrisches Optimum.....	242
8.5 Entwurf von Regelkreisen mit instabilen Strecken	247
8.5.1 Instabile P-T ₁ -Glieder	247
8.5.2 Instabile P-T ₂ -Glieder	249
8.5.3 Beispiele von instabilen Regelstrecken	252
8.6 Vermaschte Regelung	255
8.6.1 Regelung mit Hilfsregelgrößen.....	255
8.6.2 Kaskadenregelung.....	256
8.6.3 Begrenzungsregelung.....	258
8.6.4 Störgrößenaufschaltung	260
8.7 Mehrgrößenregelung.....	262
8.7.1 Regelstrecken mit mehreren Ein- und Ausgangsgrößen.....	262
8.7.2 P-kanonische Form	263

8.7.3	V-kanonische Form.....	264
8.7.4	Dezentrale Regelung einer Mehrgrößenstrecke.....	265
8.7.5	Stabilität der dezentralen Zweigrößenregelung.....	266
8.7.6	Entwurf einer Entkopplungsregelung.....	267
8.7.7	Bus-Konzept zur Darstellung der Mehrgrößenstrecken.....	269
9	Nichtlineare Glieder im Regelkreis (von M. Reuter).....	271
9.1	Harmonische Balance.....	275
9.2	Ermittlung spezieller Beschreibungsfunktionen.....	276
9.2.1	Beschreibungsfunktion eines Gliedes mit Sättigung.....	277
9.2.2	Beschreibungsfunktion eines Gliedes mit toter Zone.....	279
9.2.3	Beschreibungsfunktion eines Gliedes mit Hysterese.....	282
9.2.4	Beschreibungsfunktion eines Dreipunktreglers ohne Hysterese.....	285
9.3	Stabilitätsuntersuchungen an nichtlinearen Regelkreisen.....	287
9.3.1	Dreipunktregler mit nachgeschaltetem Stellmotor.....	288
9.3.2	Untersuchung eines Regelkreises mit Ansprechempfindlichkeit.....	292
10	Unstetige Regelung (von M. Reuter).....	295
10.1	Idealer Zweipunktregler an einer P-Strecke höherer Ordnung.....	296
10.2	Zweipunktregler mit Hysterese an einer P-Strecke 1. Ordnung.....	302
10.3	Zweipunktregler mit Rückführung.....	305
10.3.1	Zweipunktregler mit verzögerter Rückführung.....	306
10.3.2	Zweipunktregler mit verzögert-nachgebender Rückführung.....	310
10.4	Dreipunktregler.....	312
10.4.1	Dreipunktregler mit Rückführung.....	313
11	Digitale Regelung (von S. Zacher).....	315
11.1	Digitale Regeleinrichtungen.....	315
11.2	Abtastregelung.....	319
11.2.1	Wirkungsweise von digitalen Regelkreisen.....	319
11.2.2	Rechenzeit.....	322
11.2.3	Beschreibungsmethoden.....	323
11.3	Quasikontinuierliche Regelung.....	326
11.3.1	Wahl der Abtastperiode.....	326
11.3.2	Praktische Einstellregeln.....	326
11.4	Beschreibung von Abtastsystemen im Zeitbereich.....	329
11.4.1	Differenzgleichungen.....	329
11.4.2	Aufstellen der Differenzgleichungen.....	329
11.4.3	Lösung der Differenzgleichungen mittels Rekursion.....	330
11.4.4	Exakte Lösung der Differenzgleichungen.....	330
11.4.5	Digitalisierung analoger Regelalgorithmen.....	334
11.4.6	Stabilitätsbedingung für Abtastsysteme.....	340
11.5	Beschreibung von digitalen Systemen im z -Bereich.....	342

11.5.1	Die z-Transformation.....	342
11.5.2	Die z-Übertragungsfunktionen.....	345
11.5.3	Digitale Übertragungsfunktionen von einzelnen Elementen	347
11.5.4	Einstellung von digitalen Reglern.....	350
11.5.5	Stabilitätskriterien für digitale Regelkreise	352
11.5.6	Simulation von digitalen Regelkreisen	355
12	Zustandsregelung (von S. Zacher).....	357
12.1	Zustandsebene.....	357
12.1.1	Zustandsebene eines linearen Systems.....	358
12.1.2	Stabilitätsuntersuchung in der Zustandsebene	360
12.1.3	Zustandsrückführung eines nichtlinearen Systems	364
12.2	Zustandsraum.....	367
12.3	Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit.....	370
12.4	Entwurf von Regelkreisen mittels Polzuweisung	372
12.4.1	Zustandrückführung	372
12.4.2	Vorfilter.....	374
12.4.3	Ausgangsrückführung	375
12.4.4	Störgrößenaufschaltung.....	378
12.4.5	Beobachterentwurf	380
12.5	Optimale Zustandsregelung nach LQ-Kriterien.....	383
12.5.1	Optimale Zustandsrückführung.....	384
12.5.2	Entwurf eines optimalen Beobachters	386
13	Modellbasierte Regelung (von S. Zacher)	387
13.1	Kompensationsverfahren.....	388
13.1.1	Klassische Kompensationsregler.....	388
13.1.2	Smith-Prädiktor	389
13.1.3	ASA-Regelung nach dem Antisystem-Approach.....	392
13.2	Regelung mit Referenzmodell der Strecke.....	394
13.2.1	PFC (Predictive Function Control).....	394
13.2.2	SPFC (Simplified Predictive Function Control)	396
13.2.3	Duale Regelung mit LZV-Regler und Soll-Stellgröße.....	398
13.2.4	SFC (Surf-Feedback Control)	399
13.3	Dead-Beat Control.....	401
13.3.1	Analoge Regelkreise	401
13.3.2	Digitale Regelkreise	403
13.4	Fuzzy-Regler	405
13.4.1	Funktionsweise und Aufbau eines Fuzzy-Reglers	405
13.4.2	Fuzzy-Mengen und Zugehörigkeitsfunktionen	406
13.4.3	Regelbasis und Inferenz	408
13.4.4	Defuzzifizierung.....	409
13.4.5	Fuzzy-Regler ohne Fuzzy-Logik.....	412
13.5	Neuro-Regelung	413

13.5.1 Grundmodell eines künstlichen Neurons	414
13.5.2 Mehrschicht-KNN und Backpropagation.....	416
13.5.3 Regelkreisstrukturen mit KNN.....	418
13.5.4 Duale Regelkreise	420
13.5.5 Regelungstechnisches Modell des biologischen Neurons	421
14 Regelung mit Data Stream Manager (von S. Zacher)	423
14.1 Einführung.....	423
14.2 Industrie 4.0 und DSM	424
14.2.1 Reale und virtuelle Welt	424
14.2.2 DSM Plattform.....	425
14.2.3 Simulationstool für DSM.....	425
14.3 Reglerentwurf mit DSM	428
14.3.1 DSM Ident nach Zeit-Prozentkennwert-Verfahren.....	428
14.3.2 AFIC (Adaptive Filter for Identification and Control)	431
14.3.3 DSM Tuner für Standardregelkreise	433
14.4 Modellbasierte DSM	436
14.4.1 DSM Terminator	436
14.4.2 Regelkreise mit LZV-Gliedern	438
14.4.3 DSM Router	440
15 Lösungen der Übungsaufgaben (von M. Reuter und S. Zacher).....	441
Anhang.....	465
Rechenregeln der Laplace-Transformation (von M. Reuter)	465
Korrespondenztablette (von M. Reuter)	466
Sätze der Laplace- und z-Transformation (von M. Reuter).....	467
Tabelle der Laplace- und z-Transformation (von M. Reuter).....	468
Tabelle der wichtigsten Regelkreisglieder (von M. Reuter).....	470
Literaturverzeichnis (von S. Zacher)	476
English-German Symbols Directory (von S. Zacher).....	483
Fachwörter Deutsch-Englisch (von S. Zacher)	491
Sachwortverzeichnis.....	505

Formelzeichen

A	Fläche, Querschnitt, Schwingungsamplitude, Gewindesteigung
\mathbf{A}	Systemmatrix bzw. Dynamikmatrix
\mathbf{A}_M	Systemmatrix des Beobachters
$A_1, A_2 \dots$	Koeffizienten der charakteristischen Gleichung $P(w)$
A_R	Betragsreserve (Amplitudenreserve)
$a_0, a_1 \dots$	Koeffizienten der Differentialgleichung, der Fourier-Zerlegung, der z -Übertragungsfunktion, Beiwerte der Eingangsgröße und deren Ableitungen
\mathbf{B}	Steuermatrix bzw. Eingangsmatrix
b	Dämpfungskonstante
$b_0, b_1 \dots$	Koeffizienten der Differentialgleichung, der Fourier-Zerlegung, der z -Übertragungsfunktion, Beiwerte der Ausgangsgröße und deren Ableitungen
C	Kapazität, Kondensator, Integrationskonstante, Konzentration
\mathbf{C}	Beobachtungsmatrix bzw. Ausgangsmatrix
C_0	Koppelfaktor, Koeffizient,
\mathbf{C}_0	Controlability Matrix, Steuerbarkeitsmatrix
c	Federkonstante, spezifische Wärme
D	Dämpfungsgrad, Determinante
d	Dicke, Sollwert eines Neuronausgangs
\mathbf{d}	Störgrößenvektor
E	Fehler eines künstlichen neuronalen Netzes
e	Regeldifferenz
$e(\infty)$	bleibende Regeldifferenz $e(t)$ bei $t \rightarrow \infty$
F	Kraft
f	Funktion, Frequenz
G	Erfüllungsgrad einer Fuzzy-Regel, auch Matrix
$G(j\omega)$	Frequenzgang
$ G(j\omega) _{\text{dB}}$	Amplitudengang in dB
$G(s)$	Übertragungsfunktion
$G(z)$	z -Übertragungsfunktion
$G_{\text{gesch}}(s)$	Übertragungsfunktion des geschlossenen Kreises
$G_H(s)$	Übertragungsfunktion des Halteglied
$G_{HS}(z)$	z -Übertragungsfunktion Halteglied/Strecke
$G_0(s)$	Übertragungsfunktion des aufgeschnittenen Kreises
$G_M(s)$	Übertragungsfunktion des gewünschten Regelverhaltens

$G_R(s)$	Übertragungsfunktion der Regeleinrichtung
$G_S(s)$	Übertragungsfunktion der Regelstrecke
$G_V(s)$	Übertragungsfunktion des Vorfilters
$G_{\text{vorw}}(s)$	Übertragungsfunktion des Vorwärtszweigs
$G_W(s)$	Führungsübertragungsfunktion
$G_Z(s)$	Störübertragungsfunktion
g	Gewichtsfunktion, Erdbeschleunigung
H	Höhe, Füllstandshöhe, magnetische Feldstärke
\mathbf{H}	Systemmatrix eines Systems mit Zustandsrückführung
h	Abstand, Höhe (Abweichung vom Arbeitspunkt), Übergangsfunktion
\mathbf{I}	Einheitsmatrix
i	Strom
i_a	Ankerstrom
i_e	Erregerstrom
J	Massenträgheitsmoment, auch Funktional, Integralkriterium
j	imaginäre Einheit $j = \sqrt{-1}$
K	Übertragungsbeiwerte, Koeffizienten, Konstante
\mathbf{K}	Zustandsrückführung
K_D	Differenzierbeiwert
\mathbf{K}_d	Störgrößenaufschaltung
K_I	Integrierbeiwert
K_{kr}	kritischer Proportionalbeiwert
K_0	Kreisverstärkung
K_P	Proportionalbeiwert
K_{PM}	Proportionalbeiwert des Modells
K_{PR}	Proportionalbeiwert des Reglers
K_{Pr}	Proportionalbeiwert des <i>Smith</i> -Prädiktors
K_{PS}	Proportionalbeiwert der Strecke
K_{Pw}	Proportionalbeiwert des geschlossenen Kreises (Führungsverhalten)
K_{PSy}	Proportionalbeiwert der Strecke beim Stellverhalten
K_{PSz}	Proportionalbeiwert der Strecke beim Störverhalten
K_S	Übertragungsbeiwert der Strecke
\mathbf{K}_y	Ausgangsrückführung
k	Wärmedurchgangszahl, Konstante
L	Leistung, Induktivität, Länge
\mathbf{L}	Rückführung des Beobachters

$L[...]$	Laplace-Transformierte von [...]
l	Länge
M	Masse, Moment
m	Ordnung des Zählerpolynoms der Übertragungsfunktion, Masse
N	Vorfilter, Scaling Factor, Windungszahl einer Wicklung
$N(s)$	Nennerpolynom
$N(\hat{x}_e)$	Beschreibungsfunktion
n	Drehzahl, Anzahl von Halbwellen, Ordnung der Übertragungsfunktion
n_i	Anzahl der Pole auf der imaginären Achse
n_l	Anzahl der Pole in der linken s -Ebene
n_r	Anzahl der Pole in der rechten s -Ebene
\mathbf{O}_b	Observability Matrix, Beobachtungsmatrix
P	Leistung, Druck
\mathbf{P}	Vektor der Polstellen
$P(w)$	Polynom der charakteristischen Gleichung im w -Bereich
$P(z)$	Polynom der charakteristischen Gleichung im z -Bereich
P_e	elektrische Heizleistung
p	Druck, Polstelle
Q	Wärmemenge, Durchflußmenge, Güteindex
\mathbf{Q}	positiv semidefinite symmetrische Matrix
Q_{abs}	Betrag der linearen Regelfläche
Q_{ITAE}	zeitgewichtete Betragsfläche
Q_{lin}	lineare Regelfläche
Q_{qrs}	quadratische Regelfläche
q	Durchfluss
R	elektrischer bzw. magnetischer Widerstand, Gaskonstante
\mathbf{R}	positiv definite symmetrische Matrix
R_F	statischer Regelfaktor
r	Radius
$S_0, S_1 \dots$	Schnittpunkte der Ortskurve bzw. des Bode-Diagramms
\mathbf{S}_B	Beobachtbarkeitsmatrix
\mathbf{S}_M	Modellmatrix, Matrix des Beobachters
\mathbf{S}_S	Steuerbarkeitsmatrix
s	komplexe Variable $s = \sigma + j\omega$
s_N	Nullstellen
s_P	Polstellen

T	Zeitkonstante, Periodendauer
T_A	Abtastzeit
T_{an}	Anregelzeit
T_{aus}	Ausregelzeit
T_E	Ersatzzeitkonstante
T_e	Schwingungsperiode
T_g	Ausgleichszeit
T_h	Länge des Prädiktionshorizontes
T_I	Integrierzeit
T_M	Zeitkonstante des Modells
T_n	Nachstellzeit
T_R	Verzögerungszeitkonstante des Reglers
T_t	Totzeit
T_u	Verzugszeit
T_v	Vorhaltzeit
T_w	Zeitkonstante eines geschlossenen Regelkreises
t	Zeit
t_a, t_e	Ausschaltzeit, Einschaltzeit
t_w	Koordinate des Wendepunktes
t_{10}, t_{50}	Zeitpunkte für die Regelgröße von 10%, 50% stationäres Wertes
U	Spannung
u	zeitlich veränderliche Spannung (Abweichung vom Arbeitspunkt), auch Eingangsgröße
\mathbf{u}	Eingangsvektor bzw. Stellgrößenvektor
u_D	Differenzspannung des Operationsverstärkers
V	Ventil, Volumen, Verstärkungsgrad
V	Hilfsmatrix zur Ermittlung der Ausgangsrückführung
$V(s)$	Übertragungsfunktion einer Mehrgrößenstrecke in V-kanonischer Struktur
v	Geschwindigkeit, Ausgang eines verdeckten Neurons
v	Transferfunktion eines Neurons
W	Gewicht eines Neurons
w	Führungsgröße, Sollwert, Operator der bilinearen Transformation
w_0	Höhe des Sollwertsprungs
X	Regelgröße, Weg
X_h	Regelbereich
x	Regelgröße (Abweichung vom Arbeitspunkt), Weg

\mathbf{x}	Zustandsvektor
$x(t)$	Sprungantwort
$x(0)$	Anfangswert bei $t = 0$
$x(\infty)$	Beharrungswert bei $t \rightarrow \infty$
x_a, x_e	Ausgangsgröße, Eingangsgröße (allgemein)
\hat{x}_a	Amplitude der Ausgangsgröße
x_B	Sättigungszone
x_E	Endwert
x_{e0}	Eingangssprung
\hat{x}_e	Amplitude der Eingangsgröße
$2x_L$	Hysteresebreite
x_{MA}	Mittelwertabweichung
x_m	Überschwingweite
$2x_0$	Schwankungsbreite
x_r	Rückführgröße
x_{ref}	Referenzgröße
x_s	Sollwert
x_t	tote Zone
x_{50}	Zeit-Prozentkennwert
Y_h	Stellbereich
Y_0	Stellgröße im Arbeitspunkt
y	Stellgröße
\mathbf{y}	Ausgangsvektor
y_R	Stellgröße am Ausgang der Regeleinrichtung
Z	Impedanz
$Z[...]$	z -Transformierte von [...]
$Z(s)$	Zählerpolynom
Z_0	Störgröße im Arbeitspunkt
z	Störgröße, komplexe Variable bei z -Transformation, Nullstelle bei Matlab
z_0	Höhe des Störsprungs
α	Abklingkonstante, Aktivierung, Konstante der Korrespondenztabelle, Skalierungsfaktor, Winkel, Winkelposition
β	Kennkreisfrequenz, Kreisfrequenz des ungedämpften Systems, Zeitskalierungsfaktor, auch Aktivierung eines Neurons
γ	spezifisches Gewicht
Δ	Kennzeichnung von Größenänderung
δ	Impulsfunktion, Nadelimpuls

η	Zähigkeit von Gasen, Lernschrittkonstante
θ	Schwellenwert
ϑ	Temperatur
λ	Wurzel der homogenen Differentialgleichung, Eigenwerte, auch Wärmeleitfähigkeit
$\mu(\dots)$	Zugehörigkeitsfunktion
ρ	Dichte
σ	Einheitssprung
τ	Zeit, Maschinenzeit
ν	Anzahl der Schnittpunkte der Ortskurve bzw. des Phasengangs
Φ	Wärmestrom, Fluss, Erregerfluss
φ	Winkel, Phasenverschiebungswinkel
φ_{Rd}	Phasenreserve
$\varphi(\omega)$	Phasengang
ω	Kreisfrequenz, Winkelgeschwindigkeit
ω_d	Durchtritts(kreis)frequenz
ω_E	Eck(kreis)frequenz
ω_e	Eigenkreisfrequenz
ω_{kr}	kritische Kreisfrequenz

Indizes

A	Anker-
a	Abfluss-, Ausbreitung-
akt	aktueller Wert
C	Feder-, Kondensator-
D	Dämpfer-, Differenzier-
F	Filter-
f	Feder-
G	Gewicht-
HT	Höher-Tiefer
M	Motor-, Moment-, auch Modell-
m.R.	„mit Regler“-Verhalten
n	negativ
0	Anfangspunkt-, Arbeitspunkt-, aufgeschnittener (offener) Kreis, Leerlauf
o.R.	„ohne Regler“-Verhalten
p	positiv
TG	Tachogenerator-
w	Wasser-