

Elektrische Vorschubantriebe in der Automatisierungstechnik

Grundlagen, Berechnung, Bemessung

Von Hans Groß, Jens Hamann und Georg Wiegärtner

Publicis MCD Verlag

Inhaltsverzeichnis

1	Regelungstechnische Grundlagen	12
1.1	Begriffe	12
1.1.1	Steuern und Regeln	12
1.1.2	Regelkreissignale	13
1.1.3	Abtastung	16
1.1.4	Linearisieren	19
1.1.5	Normieren	20
1.1.6	Bezogene Größen	20
1.2	Übertragungsverhalten	21
1.2.1	Stationäres Übertragungsverhalten	21
1.2.2	Dynamisches Übertragungsverhalten	21
1.2.3	Grundübertragungsglieder	23
1.3	Beschreibung im Zeitbereich	35
1.3.1	Differentialgleichung	35
1.3.2	Sprungantwort	43
1.4	Beschreibung im Bildbereich	48
1.4.1	Frequenzgang	48
1.4.2	Bode-Diagramm	51
1.4.3	P-T ₁ - und P-T ₂ -Verhalten	53
1.4.4	Frequenzgangmessung	61
1.5	Wurzelorte	62
1.5.1	Darstellung	62
1.5.2	Pole	63
1.5.3	Nullstellen	64
1.5.5	Wurzelorte des 1- und 2-Massenschwingers	66
1.6	Verknüpfung von Übertragungsgliedern	77
1.7	Gegenüberstellung der Beschreibungsverfahren	80
1.8	Anhang	81
1.8.1	Grundlagen der Regelungstechnik	81
1.8.2	Analogien zwischen elektrischen und mechanischen Schwingern	90

2	Regelkreise bei Vorschubantrieben	93
2.1	Begriffe	93
2.1.1	Wirkungsplan	93
2.1.2	Übergangsfunktion	95
2.1.3	Genauigkeit;	96
2.1.4	Frequenzgänge;	97
2.1.5	Stabilitätskennwerte.	98
2.2	Ausführungen von Reglern	101
2.2.1	Regler bei Vorschubantrieben.	101
2.2.2	Analoger PI-Regler	103
2.2.3	Digitaler PI-Regler	105
2.2.4	Abtastregler	107
2.2.5	PI-Regler mit Referenzmodell	112
2.3	Optimierungsregeln	114
2.3.1	Doppelverhältnisse	115
2.3.2	Symmetrisches Optimum, Betragsoptimum	116
2.4	Dynamisches Übertragungsverhalten	117
2.4.1	Führungsfrequenzgang des PI-Reglers mit Referenzmodell	117
2.4.2	Führungsfrequenzgang des herkömmlichen PI-Reglers	118
2.4.3	Störfrequenzgang des PI-Reglers	118
2.4.4	Bestimmung der Reglerparameter	119
2.4.5	Standardfrequenzgänge 2. und 3. Ordnung	120
2.4.6	Zusammenfassung.	122
2.5	Führungs- und Störverhalten im Zeitbereich	123
2.5.1	Führungsverhalten	123
2.5.2	Störverhalten	125
2.6	Führungs- und Störverhalten im Bildbereich	127
2.6.1	Führungsverhalten.	127
2.6.2	Störverhalten	129
2.7	Modellbildung am Beispiel des Geschwindigkeitsregelkreises	131
3	Lageregelung im Vorschubantrieb	143
3.1	Begriffe, Grundlagen	143
3.1.1	Aufbau und Wirkungsweise.	143
3.1.2	Lagemessung	145
3.1.3	Kenngrößen und Eigenschaften der Lageregelkreise	148

3.1.4	Modellbildung linearer Lageregelkreise	151
3.2	Dynamisches Übertragungsverhalten linearer Lage- regelkreise.	156
3.2.1	Führungsverhalten linearer Lageregelkreise bei indirektem Messsystem	156
3.2.2	Führungsverhalten linearer Lageregelkreise bei direktem Messsystem	162
3.2.3	Störverhalten linearer Lageregelkreise	169
3.3	Kreisformfehler	180
3.3.1	Ursachen, Einflussgrößen	180
3.3.2	Abweichungen durch das Führungsverhalten beim indirekten Messsystem	181
3.3.3	Abweichungen durch das Führungsverhalten beim direkten Messsystem	191
3.3.4	<i>Verzerrungen der Kreiskontur im Zusammenwirken</i> der beiden Vorschubachsen	193
3.3.5	Zusammenfassung zu den Abweichungen und Verzerrungen der Kreiskontur	197
3.4	Vorsteuerung	204
3.5	Führungsgrößenbeeinflussung	207
3.6	Grenzen der Lageregelung bei schwingungsfähiger Mechanik	210
3.6.1	Eigenfrequenzen	210
3.6.2	Frequenzgang der Mechanik	212
3.6.3	Regelungstechnische Darstellung einer Vorschubachse	214
3.6.4	Störoptimum und Dämpfungsoptimum	217
3.6.5	Einfluss der Abtastperioden.	229
3.7	Zusammenfassung zur Bestimmung des K_V -Faktors	231
4	Stationäre Auslegung und Berechnung	235
4.1	Berechnungsverfahren	235
4.2	Stationäre Bemessung.	236
4.2.1	Anforderungen	236
4.2.2	Vorschubantrieb mit Gewindespindel.	237
4.2.3	Vorschubantrieb mit Zahnstange/Ritzel	245
4.2.4	Linearmotor-Antrieb	249
4.3	Schritte für die dynamische Bemessung	251

4.3.1	Anforderungen	251
4.3.2	Überschlägige Dimensionierung	252
4.3.3	Anforderungen aus Geschwindigkeit und Beschleunigung.	252
4.3.4	Beispiele.	257
4.4	Bewegungsdiagramme	265
4.4.1	Ruckbegrenzung.	265
4.4.2	Fahren von Wegstrecken	271
4.4.3	Abschätzung der Positionierzeit	288
4.4.4	Energieinhalt der bewegten Massen	291
4.4.5	Erreichbare Beschleunigung	292
4.4.6	Periodisches Belastungsspiel	296
4.5	Zusammenfassung.	303
4.5.1	Bemessung von Vorschubantrieben als Flussdiagramm	303
5	Technischer Anhang	312
5.1	Formelzeichen.	312
5.2	SI-Einheiten.	324
5.3	Umrechnungstabellen	327
5.4	Gleichungen.	331
5.5	Technische Daten von Motoren und Stromrichtergeräten	332