

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	5
1 Elektrische Antriebe im Überblick	9
1.1 Geschichtlicher Abriss.....	9
1.2 Aufbau moderner elektrischer Antriebe	12
1.3 Systematik elektrischer Antriebe.....	14
1.3.1 Drehzahlverstellbarkeit	14
1.3.2 Motortyp und Art des Stellgerätes	17
1.3.3 Technische Daten	18
1.3.4 Darstellungsformen von Antriebskennlinien	25
1.4 Übungen	26
2 Mechanische Grundlagen	29
2.1 Einleitung	29
2.1.1 Kräfte und Drehmoment	29
2.1.2 Leistung und Wirkungsgrad.....	31
2.2 Verwendete Einheiten	31
2.3 Größen und Gleichungen der Translation.....	32
2.4 Größen und Gleichungen der Rotation.....	33
2.5 Übungen	34
3 Elektrotechnische Grundlagen.....	37
3.1 Felder in der Antriebstechnik.....	37
3.1.1 Das elektrische Feld	37
3.1.2 Das magnetische Feld	38
3.2 Entstehung des Drehmomentes	41
3.2.1 Lorentzkraft.....	41
3.2.2 Leiterschleife im Magnetfeld.....	42
3.3 Spannungsinduktion.....	43
3.4 Bauelemente der Elektrotechnik.....	44
3.4.1 Lineare Elemente	44
3.4.2 Nichtlineare Elemente	45
3.5 Übungen	46
4 Lösungen der Übungen	49
4.1 Lösungen zu den Übungen Kapitel 1	49
4.2 Lösungen zu den Übungen Kapitel 2	50
4.3 Lösungen zu den Übungen Kapitel 3	50
5 Prüfungsaufgaben.....	54

Inhaltsverzeichnis

1	Gleichstromantriebe	7
1.1	Einleitung	7
2	Gleichstrommotor	11
2.1	Funktionsprinzip.....	11
2.1.1	Konstruktiver Aufbau und Anschlüsse	16
2.1.2	Wartung des Gleichstrommotors	18
2.1.3	Mathematische Beschreibung.....	19
2.1.4	Regelbarkeit.....	20
2.1.5	Fremderregter Gleichstrommotor – Virtuelles Labor.....	21
3	Konstantantriebe mit Gleichstrommotor	29
3.1	Aufbau und Anwendungsbereich	29
3.2	Nebenschlussverhalten	29
3.3	Reihenschlussverhalten.....	32
4	Drehzahlveränderbare Antriebe mit Gleichstrommotor.....	37
4.1	Aufbau und Anwendungsbereich	37
4.1.1	Stromrichter	38
4.1.2	Drehzahlgeber.....	44
4.1.3	Regelungsstruktur	46
4.1.4	Gesteuerter Stromrichterantrieb – Virtuelles Labor	48
5	Übungen	55
6	Lösungen der Übungen	59
7	Prüfungsaufgaben.....	65

Inhaltsverzeichnis

1	Antriebe mit Asynchronmotor.....	7
1.1	Einleitung	7
2	Der Asynchronmotor.....	11
2.1	Funktionsprinzip.....	11
2.2	Konstruktiver Aufbau und elektrische Anschlüsse.....	15
2.3	Mathematische Beschreibung.....	18
2.4	Regelbarkeit.....	22
3	Konstantantriebe mit Asynchronmotor.....	27
3.1	Aufbau und Anwendungsbereich	27
3.2	Anlauf des Asynchronmotors	29
3.3	Bremsen des Asynchronmotors	33
4	Drehzahlveränderliche Antrieb mit Asynchronmotor.....	37
4.1	Aufbau und Anwendungsbereich	37
4.2	Drehzahländerung mit Schützen	38
4.3	Asynchronmotor – Virtuelles Labor	40
5.	Asynchronmotor mit Frequenzumrichterbetrieb.....	49
5.1	Einleitung	49
5.2	Gleichrichter.....	50
5.3	Zwischenkreis	50
5.4	Wechselrichter	52
5.5	Betrieb mit U/f-Steuerung	57
5.6	Betrieb mit Vektorregelung.....	59
5.7	Drehzahlgeber.....	63
5.8	Frequenzumrichterbetrieb – Virtuelles Labor	66
6	Funktionen moderner Frequenzumrichter	73
6.1	Einleitung	73
6.2	Leistungsoptionen	73
6.3	Elektronikoptionen	75
6.4	Prozessschnittstelle.....	79
6.5	Anwenderschnittstelle	80
6.6	Regelungs- und Steuerungsfunktionen.....	87
7	Übungen	91
8	Lösungen der Übungen	95
9	Prüfungsaufgaben.....	103

Inhaltsverzeichnis

1	Servoantriebe.....	7
1.1	Aufbau und Anwendungsbereich	7
2	Systematik der Servoantriebe	13
2.1	Regelfunktionen.....	13
2.2	Motortyp, Art des Stellgerätes.....	14
2.3	Technische Daten	16
3	Drehzahl- und Lagegeber für Servoantriebe	19
3.1	Systematik und Kenndaten.....	19
3.2	Kommuntierungsgeber	22
3.3	Resolver	23
3.4	Sin-Cos-Geber.....	26
3.5	Absolutwertgeber	27
4	Servoantriebe mit Gleichstrommotor	33
4.1	Aufbau und Anwendungsbereich	33
4.2	Gleichstrommaschinen für Servoantriebe.....	33
4.3	Pulssteller für Servoantriebe mit Gleichstrommotor	34
4.4	Regelungsstruktur	37
4.5	Pulsstellerantrieb – Virtuelles Labor	38
5	Servoantriebe mit bürstenlosem Gleichstrommotor	43
5.1	Aufbau und Anwendungsbereich	43
5.2	Der bürstenlose Gleichstrommotor	44
5.3	Frequenzumrichter für Servoantriebe mit bürstenlosem Gleichstrommotor	46
5.4	Regelungsstruktur	47
6	Servoantrieb mit Synchronmotor	51
6.1	Aufbau und Anwendungsbereich	51
6.2	Der Synchronmotor.....	52
6.3	Frequenzumrichter für Servoantriebe mit Synchronmotor.....	54
6.4	Regelungsstruktur	54
7	Servoantriebe mit Asynchronmotor.....	59
8	Direktantriebe	63
8.1	Aufbau und Anwendungsbereich	63
8.2	Linearmotor.....	64
8.3	Torquemotor.....	67

9	Übungen	71
10	Lösungen der Übungen	75
11	Prüfungsaufgaben	79

Inhaltsverzeichnis

1	Regelung von Servoantrieben.....	7
1.1	Auffrischung von regelungstechnischen Begriffen	7
1.2	Allgemeine Gütekriterien eines Regelkreises im Zeitbereich	8
1.3	Zusätzliche Gütekriterien für Servoantriebe im Zeitbereich.....	10
1.4	Zusätzliche Gütekriterien für Servoantriebe im Frequenzbereich.....	11
2	Optimierung von Servoantrieben	15
2.1	Optimierung des Stromregelkreises.....	15
2.2	Optimierung des Drehzahlregelkreises	19
2.3	Optimierung des Laderegelkreises.....	22
2.4	Geregelter Pulsstellerantrieb – Virtuelles Labor	26
3	Funktion moderner Servosteller.....	33
3.1	Allgemeines.....	33
3.2	Leistungsoptionen	33
3.3	Elektronikoptionen	33
3.4	Prozessschnittstelle	34
3.5	Anwenderschnittstelle	34
3.6	Regelungs- und Steuerungsfunktionen.....	34
4	Schrittantriebe	39
4.1	Einführung.....	39
4.2	Aufbau und Anwendungsbereich	39
4.3	Systematik der Schrittmotorantriebe nach Motortyp.....	40
4.4	Technische Daten	41
5	Der Schrittmotor.....	45
5.1	Allgemeines.....	45
5.2	Permanentmagnetschrittmotor.....	45
5.3	Hybridschrittmotor.....	47
6	Ansteuergeräte für Schrittmotoren.....	51
6.1	Impulsverteiler.....	52
6.2	Endstufe	53
7	Regelverhalten von Schrittantrieben	57
8	Übungen	61
9	Lösungen der Übungen	65
10	Prüfungsaufgaben.....	71

Inhaltsverzeichnis

1	Elektrische Antriebssystem im Überblick	7
1.1	Vom Antrieb zum Antriebssystem	7
1.2	Systematik elektrischer Antriebssysteme	8
1.2.1	Komponenten in Antriebssystemen.....	8
1.2.2	Funktionalität von Antriebssystemen	10
1.2.3	Informationsfluss in Antriebssystemen.....	13
1.2.4	Energiefluss zwischen Antrieben.....	15
1.2.5	Elektromagnetische Beeinflussungen	15
1.3	Auslegung von elektrischen Antrieben als Systemaufgabe.....	16
1.4	Übungen	16
2	Feldbusse für elektrische Antriebe	19
2.1	Veranlassung und Funktionsweise	19
2.2	Übersicht gebräuchlicher Feldbusse.....	23
2.3	AS-Interface	24
2.3.1	Übersicht.....	24
2.3.2	Topologie, Verkabelung, Physik.....	25
2.3.3	Zugriffsverfahren.....	27
2.4	CAN.....	28
2.4.1	Übersicht.....	28
2.4.2	Topologie, Verkabelung, Physik.....	29
2.4.3	Zugriffsverfahren.....	30
2.4.4	Projektierung.....	32
2.5	Profibus-DP	32
2.5.1	Übersicht.....	32
2.5.2	Topologie, Verkabelung, Physik.....	33
2.5.3	Zugriffsverfahren.....	35
2.5.4	Profibus-DP V2	37
2.5.5	Projektierung.....	39
2.6	Profinet-I/O	41
2.6.1	Übersicht.....	41
2.6.2	Topologie, Verkabelung, Physik.....	43
2.6.3	Zugriffsverfahren.....	45
2.6.4	Gerätebeschreibungen zur Projektierung.....	49
2.7	Übungen	50

3	Prozessregelung mit elektrischen Antrieben	53
3.1	Begriffsdefinition.....	53
3.2	Prozessregelung mit Einzeltriebssystemen	54
3.2.1	Komponenten.....	54
3.2.2	Füllstandsregelung mit Konstantantrieb.....	55
3.2.3	Druckregelung	56
3.2.4	Aufzugsantrieb.....	58
3.3	Prozessregelung mit Mehrantriebssystemen	60
3.3.1	Komponenten.....	60
3.3.2	Fahrwerksantrieb mit mechanisch gekoppelten Antrieben.....	63
3.3.3	Beschichtungsanlage mit Zug- und Wickelantrieben	66
3.4	Antriebe mit integrierten Technologiefunktionen	74
3.5	Übungen	76
4	Lösungen der Übungen	79
4.1	Lösungen der Übungen Kapitel 1	79
4.2	Lösungen der Übungen Kapitel 2	81
4.3	Lösungen der Übungen Kapitel 3.....	84
5	Prüfungsaufgaben	91

Inhaltsverzeichnis

1	Motion Control	7
1.1	Begriffsdefinition und Funktionen.....	7
1.2	Darstellung und Verarbeitung von Lageinformationen.....	9
2	Positionieren	15
2.1	Anwendungen und Grundlagen.....	15
2.2	Positioniersteuerung.....	15
2.3	Maschinendaten	20
2.4	Lageerfassung, Lageaufbereitung und Referenzieren.....	22
3	Gleichlauf (Synchronisieren).....	27
3.1	Grundlagen und Anwendungen.....	27
3.2	Gleichlaufsteuerung.....	29
3.3	Maschinendaten	40
4	Motion Control mit PLCopen.....	43
5	Sicherheitsfunktionen in elektrischen Antrieben.....	49
5.1	Anwendungen und Grundlagen.....	49
5.2	Funktion "Sichere Impulssperre"	51
5.3	Sichere Bewegungsfunktionen.....	52
5.4	Sichere Feldbusse	55
6	Übungen	59
7	Lösungen der Übungen	63
8	Prüfungsaufgaben.....	71

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die EMV	7
1.1	Grundlagen	7
1.1.1	Veranlassung und Begriffsdefinition.....	7
1.1.2	EMV-Beeinflussungsmodell.....	8
1.1.3	Koppelmechanismen	9
1.1.4	Mathematische Beschreibung.....	14
2	Elektrische Antriebe als Störquelle (Emission)	21
2.1	Galvanische Störungen bei Gleichstromantrieben mit Stromrichter – Gegenmaßnahmen	21
2.2	Galvanische Störungen bei Umrichtern mit Gleichspannungszwischen- kreis – Gegenmaßnahmen.....	23
2.3	Galvanische Störungen durch Wechselrichter – Gegenmaßnahmen	25
2.4	Feldgebundene Störungen durch den Wechselrichter – Gegenmaßnahmen	30
2.5	Feldgebundene Störungen durch digitale Antriebe – Gegenmaßnahmen	33
3	Elektrische Antriebe als Störsenke (Immission)	37
3.1	Allgemeines.....	37
3.2	Galvanische Störungen – Gegenmaßnahmen.....	37
3.2.1	Kapazitive Störungen, Gegenmaßnahmen.....	38
3.2.2	Induktive Störungen – Gegenmaßnahmen	40
3.3	EMV-Regeln	41
4	Antriebsauslegung	45
4.1	Vorgehensweise.....	45
4.2	Auswahl des Antriebssystems.....	45
4.2.1	Mechanische Schnittstelle.....	46
4.2.2	Elektrische Schnittstelle	47
4.2.3	Auslegungsbeispiele.....	48
4.3	Motorauswahl nach mechanischen Kenngrößen	49
4.4	Thermische Motorauslegung.....	61
4.4.1	Konstruktive Motorauslegung.....	67
4.4.2	Antriebsauslegung – Virtuelles Labor.....	72
4.5	Auswahl des Motorgebers.....	80

4.6	Auswahl des Motorstellgerätes	81
4.6.1	Elektrische Auslegung des Stellgerätes	82
4.6.2	Thermische Auslegung des Stellgerätes	82
4.6.3	Thermische Auslegung der Netzeinspeisung	87
4.6.4	Auslegung der Netzeinspeisung bezüglich der Zwischenkreiskapazität... ..	90
4.6.5	Auslegung des Bremschoppers und des Bremswiderstandes.....	91
4.6.6	Auswahl der Leistungsoptionen	93
4.6.7	Elektronikoptionen, Zubehör, Verbindungstechnik	93
4.7	Überprüfung der Wirtschaftlichkeit	94
5	Übungen	97
6	Lösungen der Übungen	101
7	Prüfungsaufgaben	107