

# Regelung in der elektrischen Antriebstechnik

Von Dr.-Ing. W. Leonhard  
o. Professor an der Technischen Universität Braunschweig

1974. Mit 195 Bildern



B. G. Teubner Stuttgart

# Inhalt

Einleitung .....	9
<b>1. Einige Grundlagen aus der Mechanik</b>	
1.1. Impulssatz .....	11
1.2. Trägheitsmoment .....	12
1.3. Einfluß eines Drehzahlwandlers .....	14
1.4. Leistung und Arbeit .....	15
1.5. Bestimmung des Trägheitsmomentes einer Maschine mit dem Auslaufversuch .....	16
<b>2. Diskussion der Bewegungsgleichung</b>	
2.1. Allgemeine Form der Bewegungsgleichung .....	18
2.2. Stationäre Kennlinien verschiedener Motoren und Arbeitsmaschinen ...	20
2.3. Stabile und instabile Betriebspunkte .....	23
<b>3. Integration der vereinfachten Bewegungsgleichung</b>	
3.1. Lösung der linearisierten Bewegungsgleichung .....	25
3.1.1. Leeranlauf eines Motors mit Nebenschlußkennlinie .....	26
3.1.2. Anlauf des Motors mit drehzahlproportionalem Lastmoment ..	28
3.1.3. Belastung eines leerlaufenden Motors .....	28
3.1.4. Anfahrvorgang mit Stufenanlasser .....	29
3.2. Analytische Lösung der nichtlinearen Bewegungsgleichung .....	31
3.3. Numerische oder graphische Integration .....	33
<b>4. Erwärmung elektrischer Maschinen</b>	
4.1. Leistungsverluste und Temperaturgrenzen .....	36
4.2. Erwärmung eines homogenen Körpers .....	37
4.3. Verschiedene Betriebsarten .....	40
4.3.1. Dauerbetrieb .....	40
4.3.2. Kurzzeitbetrieb .....	40
4.3.3. Periodischer Aussetzbetrieb .....	41
<b>5. Fremderregte Gleichstrommaschine</b>	
5.1. Allgemeines .....	43
5.2. Differentialgleichung und Blockschaltbild .....	44
5.3. Stationäre Kennlinien bei Anker- und Feldsteuerung .....	46
5.3.1. Ankersteuerung .....	47
5.3.2. Feldsteuerung .....	48
5.3.3. Kombinierte Anker-Feld-Steuerung .....	51
5.4. Dynamisches Verhalten bei konstantem Erregerfluß .....	52

<b>6. Gleichstrom-Reihenschlußmotor</b>	
6.1. Dynamisches Blockschaltbild	56
6.2. Stationäres Betriebsverhalten	59
<b>7. Regelung einer fremderregten Gleichstrommaschine</b>	
7.1. Aufgabenstellung	62
7.2. Strom-Drehzahl-Regelung im Ankerspannungsbereich	64
7.3. Strom-Drehzahl-Regelung im Feldschwächbereich	68
7.4. Speisung eines fremderregten Gleichstrommotors aus einem rotierenden Umformer	71
<b>8. Stromrichter als Leistungsstellglied</b>	
8.1. Stromrichtervertil, Thyristor	73
8.2. Netzgeführter Stromrichter in Einphasen-Brückenschaltung	77
8.3. Drehstrom-Brückenschaltung	89
8.4. Regelkreis mit Stromrichter als Stellglied	96
8.5. Stromrichter mit reduzierter Steuerblindleistung	99
<b>9. Gleichstrom-Regelantriebe mit Stromrichterspeisung</b>	
9.1. Gleichstromantrieb mit netzgeführtem Stromrichter	101
9.2. Gleichstrom-Umrichter mit Zwangskommutierung	107
<b>10. Drehstrom-Asynchronmaschine</b>	
10.1. Der symmetrische Asynchronmotor im nichtstationären Betrieb	112
10.2. Stationärer Betrieb bei Speisung des Motors mit sinusförmigen symmetrischen Drehspannungen	121
10.2.1. Ständerstrom, Kreisdiagramm	121
10.2.2. Stationäres Drehmoment, Wirkungsgrad	126
10.2.3. Vergleich mit praktischen Motorkennwerten	130
10.2.4. Anlauf des Asynchronmotors	131
10.3. Dynamisches Verhalten bei Speisung mit eingepprägten Spannungen	133
10.4. Stationärer Betrieb bei Speisung mit unsymmetrischen sinusförmigen Drehspannungen	143
10.4.1. Symmetrische Komponenten	143
10.4.2. Einphasen-Asynchronmotor	146
10.4.3. Einphasige Senk-Bremsschaltung	148
10.4.4. Unsymmetrische Anfahrtschaltung	149
<b>11. Regelung eines Asynchron-Motors</b>	
11.1. Umrichter zur Speisung eines Drehstrommotors mit veränderlicher Frequenz	152
11.1.1. Direkt-Umrichter	152
11.1.2. Pulswechselrichter (Unterschwingungs-Wechselrichter)	154

11.2. Drehzahlregelung des Asynchronmotors mit eingepprägtem sinusförmigen Ständerstrom und Schlupfbegrenzung	157
11.3. Drehzahlregelung eines Asynchronmotors unter Verwendung von Feldkoordinaten	165
<b>12. Regelung einer Drehstrommaschine mit eingeschränktem Drehzahl-Stellbereich</b>	
12.1. Ständergespeiste Drehstrommaschine mit feldabhängiger Stromregelung im Läuferkreis	174
12.2. Drehstrommotor mit ungesteuertem Gleichrichter im Rotorkreis	181
12.2.1. Untersynchrone Stromrichter-kaskade	182
12.2.2. Krämer-Kaskade	183
<b>13. Synchronmaschine mit polradabhängiger Stromregelung im Ständerkreis</b>	185
<b>14. Einige Anwendungsbeispiele</b>	
14.1. Lineare Lageregelung mit festem Bezugspunkt	194
14.2. Lineare Lageregelung mit beweglichem Bezugspunkt	197
14.2.1. Digitale Drehzahlregelung	197
14.2.2. Schlingen- und Abstandsregelung	198
14.3. Zeitoptimale Lageregelung mit festem Zielpunkt	202
14.4. Lageregelung mit bewegtem Zielpunkt	204
<b>Literatur</b>	209
<b>Sachverzeichnis</b>	214