

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	1
1.1	Drehstrommaschinen .....	1
1.2	Drehstromnetze .....	10
	Literatur .....	16
<b>2</b>	<b>Die verallgemeinerte lineare Drehstrommaschine</b> .....	19
2.1	Voraussetzungen und Annahmen .....	19
2.2	Spannungsgleichungen für die Ankerstränge .....	22
2.3	Spannungsgleichungen des Polsystems .....	25
2.4	Übersetzungsverhältnisse .....	26
2.5	Zwei-Achsen-Transformation .....	27
2.6	Zwei-Achsen-Modell der linearen Drehstrommaschine .....	29
2.7	Per-Unit-Bezugssystem .....	33
2.8	Mathematisches Modell der linearen Drehstrommaschine in d-q-0-Komponenten und bezogenen Größen .....	34
2.9	Aufbereitung des Gleichungssystems für eine effektive Berechnung .....	37
	Literatur .....	39
<b>3</b>	<b>Parameter und Parameterbestimmung für lineare Drehstrom-Synchronmaschinen</b> .....	41
3.1	Die Modellparameter der linearen Synchronmaschine .....	41
3.2	Prüfverfahren zur Kenngrößenermittlung .....	43
3.3	Der Leerlauf- und Kurzschlussversuch und seine Auswertung .....	46
3.4	Der Stoßkurzschlussversuch und seine Auswertung nach VDE 0530-4 .....	48
3.5	Analyse des Erregerstrom-Zeitverlaufes beim Stoßkurzschluss .....	50
3.6	Der Gleichstrom-Abklingversuch und seine Auswertung .....	53
3.7	Konventionelle Berechnung der Modellparameter aus experimentell bestimmten Primärdaten .....	59

3.8	Konventionelle Bestimmung der gemeinsamen Streureaktanz der Längsachsenkreise im Polsystem (Canay-Reaktanz) . . . . .	61
3.9	Verbesserte Berechnung der gemeinsamen Streureaktanz $x_{\sigma Dfd}$ und Berechnung der anderen Längsachsen-Parameter . . . . .	62
3.10	Vergleich und Bewertung der Bestimmungsverfahren für die Längsachsenparameter des Polsystems . . . . .	64
	Literatur . . . . .	67
<b>4</b>	<b>Berücksichtigung der magnetischen Sättigung</b> . . . . .	<b>69</b>
4.1	Allgemeines zur magnetischen Sättigung . . . . .	69
4.2	Mathematische Beschreibung der Sättigungseigenschaften . . . . .	72
4.2.1	Hauptflussverkettung der Längsachse $\psi_{hd}(i_{hd})$ . . . . .	72
4.2.2	Hauptflussverkettung der Querachse $\psi_{hq}(i_{hq})$ . . . . .	76
4.2.3	Streuflussverkettungen . . . . .	78
4.3	Sättigungsabhängige Erregerstrom-Korrektur bei Drehstrom-Synchronmaschinen . . . . .	78
4.4	Elliptische Korrektur der Hauptflussverkettungen . . . . .	84
4.5	Das nichtlineare Drehstrommaschinen-Modell . . . . .	87
	Literatur . . . . .	93
<b>5</b>	<b>Erregersysteme für Drehstrom-Synchronmaschinen</b> . . . . .	<b>95</b>
5.1	Permanentmagnet-Erregung . . . . .	95
5.2	Fremderregung . . . . .	97
5.3	Selbsterregung . . . . .	98
5.4	Bürstenlose Erregung . . . . .	99
5.5	Vereinfachte Nachbildung der bürstenlosen Erregung . . . . .	106
5.6	Kompound-Erregersysteme . . . . .	116
5.7	Spannungs- und Blindleistungsregelung . . . . .	121
	Literatur . . . . .	124
<b>6</b>	<b>Besonderheiten der Drehstrom-Asynchronmaschine</b> . . . . .	<b>125</b>
6.1	Die Unterschiede zur Drehstrom-Synchronmaschine . . . . .	125
6.1.1	Wicklungsausführungen . . . . .	125
6.1.2	Stromverdrängung . . . . .	127
6.1.3	Sättigungsverhalten . . . . .	129
6.2	Das dynamische Modell der Drehstrom-Asynchronmaschine . . . . .	130
6.2.1	Drehstrom-Asynchronmaschine mit Doppelkäfigläufer . . . . .	130
6.2.2	Drehstrom-Asynchronmaschine mit Schleifringläufer . . . . .	135
6.3	Das quasistationäre Modell der Drehstrom-Asynchronmaschine . . . . .	137
6.3.1	Stranggrößen-Modell der Drehstrom-Asynchronmaschine mit Schleifring- oder Einfachkäfigläufer . . . . .	137

---

6.3.2	Modellerweiterung für Drehstrom-Asynchronmaschinen mit Doppelkäfig oder in Doppelkäfig-Näherung . . . . .	143
6.3.3	Arbeitspunkt- und Kennlinienberechnung . . . . .	146
6.3.4	Bezugsgrößen für das quasistationäre Stranggrößen-Modell . . . . .	148
	Literatur . . . . .	149
<b>7</b>	<b>Kennwertbestimmung an Drehstrom-Asynchronmaschinen</b> . . . . .	<b>151</b>
7.1	Modellparameter der Drehstrom-Asynchronmaschine . . . . .	151
7.2	Prüfverfahren zur Kennwertbestimmung . . . . .	152
7.3	Auswertung der Versuche . . . . .	154
7.3.1	Bestimmung des Wicklungswiderstandes und der mittleren Wicklungstemperatur . . . . .	154
7.3.2	Auswertung der Prüfung mit festgebremstem Läufer . . . . .	155
7.3.3	Auswertung der Leerlaufprüfung . . . . .	157
7.3.4	Auswertung der Lastprüfung . . . . .	158
7.3.5	Berechnung der Parameter einer Doppelkäfig-Näherung . . . . .	159
7.3.6	Auswertung des Auslaufversuches . . . . .	161
7.4	Vereinfachte Parameterbestimmung unter Verwendung von Katalogdaten	161
	Literatur . . . . .	166
<b>8</b>	<b>Das Inselnetz als Mehrmaschinen-System</b> . . . . .	<b>167</b>
8.1	Besonderheiten der Inselnetzen und des Inselbetriebes . . . . .	167
8.2	Vorgehensweise bei der Inselnetz-Modellierung . . . . .	168
<b>9</b>	<b>Simulationsbeispiele</b> . . . . .	<b>177</b>
9.1	Vorbemerkungen . . . . .	177
9.2	Stoßkurzschluss-Vergleichsrechnung für eine bürstenlos erregte Drehstrom-Synchronmaschine . . . . .	179
9.3	Spannungsverhalten eines Konstantspannungsgenerators . . . . .	184
9.4	Lastschaltungen an einem Dieselgenerator . . . . .	189
9.5	Synchronisationsvorgänge . . . . .	195
9.6	Einschaltung leistungsstarker Drehstrom-Asynchronmaschinen mit Käfigläufer . . . . .	201
9.7	Kurzschlüsse im Inselnetz . . . . .	209
	Literatur . . . . .	217
<b>10</b>	<b>Anhang A: Antriebs- und Arbeitsmaschinen</b> . . . . .	<b>219</b>
10.1	Dieselmotor mit Drehzahlregler . . . . .	219
10.1.1	Drehmomententwicklung im Dieselmotor . . . . .	219
10.1.2	Drehzahlregelung . . . . .	224
10.2	Dampf- und Gasturbinen . . . . .	226
10.3	Weitere Drehmoment-Ansätze . . . . .	230
10.4	Drehmomentübertragung in Mehrmassen-Systemen . . . . .	232

---

10.4.1	Das allgemeine Zweimassen-System . . . . .	232
10.4.2	Elastisch-dämpfende Drehmomentübertragung . . . . .	234
10.4.3	Anlaufkupplungen und Bremsen . . . . .	236
	Literatur . . . . .	238
<b>11</b>	<b>Anhang B: Anlagenkennwerte der Simulationsbeispiele . . . . .</b>	<b>239</b>
11.1	Dieselmotor DG . . . . .	240
11.2	Drehstrom-Asynchronmotoren . . . . .	243
	Literatur . . . . .	244
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>245</b>