

Anhang

Anhang A

Lösungen zu den Aufgaben

Aufgabe 1-1: $I_{1N} = 8 \text{ A}; \quad I_{2N} = 400 \text{ A}$
 $P_{\text{CuN}} = 3,2 \text{ kW}; \quad P_{\text{FeN}} = 0,8 \text{ kW}$
 $\eta = 96,97 \%$

Aufgabe 1-2: $P_{\text{vN}} = 83,1 \text{ kW}$

Aufgabe 1-3: Drehstromtransformator
 $I_{1N} = 18,19 \text{ A}; \quad I_{2N} = 454,66 \text{ A}$
 $P_{\text{vN}} = 5,93 \text{ kW}$

Aufgabe 2-1: $M = 495 \text{ Nm}$

Aufgabe 2-2: $M_{\text{N}} = 95,5 \text{ Nm}$

Aufgabe 2-3: 6 Stufen

$$R_1 \approx 0,72 \text{ Ohm}$$

$$R_2 \approx 0,52 \text{ Ohm}$$

$$R_3 \approx 0,37 \text{ Ohm}$$

$$R_4 \approx 0,26 \text{ Ohm}$$

$$R_5 \approx 0,20 \text{ Ohm}$$

$$R_6 \approx 0,15 \text{ Ohm}$$

Werte wurden durch zeichnerische Lösung ermittelt

Aufgabe 2-4: $M = 8,83 \text{ Nm}$

Aufgabe 2-5: $R_{\text{Br}} = 0,192 \text{ Ohm}$

Aufgabe 4-1: $n_0 = 1500 \frac{1}{\text{min}}$

$$s_{\text{N}} = 0,04$$

$$m_{\text{p}_{\text{ges}}} = 658,2 \frac{\text{W}}{\text{min}}; \quad m_{\text{M}_{\text{ges}}} = 4,19 \frac{\text{Nm}}{\text{min}}$$

Aus der Stromortskurve entnommen:

$$-M_{\text{N}} \approx 209,5 \text{ Nm}$$

$$-M_{\text{K}} \approx 427,4 \text{ Nm}$$

$$-I_{\text{A}} \approx 217 \text{ A}$$

$$-s_{\text{K}} \approx 0,14$$

$$-M_{\text{A}} \approx 121,5 \text{ Nm}$$

$$-P_{\text{v}2\text{A}} \approx 19 \text{ kW}$$

Aufgabe 4-2: Aus der Stromortskurve entnommen:

$$I_{\text{A}} \approx 216 \text{ A}$$

$$M_{\text{A}} \approx 62 \text{ Nm}$$

Aufgabe 4-3: Aus der Stromortskurve entnommen:

$$R_V \approx 2,27 \text{ Ohm}$$

$$I_{\text{Ein}} \approx 40,8 \text{ A}$$

$$n \approx 945 \frac{1}{\text{min}}$$

Aufgabe 5-1: 1) $I_K \approx 1,15 \text{ kA}$

$$I_{K0} \approx 740 \text{ A}$$

$$M_{\text{Kipp}} \approx 19 \cdot 10^3 \text{ Nm}$$

$$U_P \approx 2,67 \text{ kV}$$

2) $I_B \approx 290 \text{ A}$

$$P \approx 2652 \text{ kW}$$

$$\beta \approx +26^\circ$$

Aufgabe 5-2: $p = 3$

Aufgabe 5-3: $\beta = +40^\circ$

$$U_P = 2259 \text{ V}$$

9.1 Verständnisfragen:

1. 4	9. 2 u. 4	17. a3, b4, c3	25. 4	33. 2 u. 4
2. 2	10. 5	18. 5	26. 2 u. 3	34. 1
3. 2	11. 4	19. 1 u. 2 u. 3 u. 4	27. 1 u. 4	35. 1 u. 3
4. 3	12. 3	20. 3	28. 1 u. 2	36. 3
5. 3	13. 1 u. 4	21. 2 u. 4	29. 2 u. 3 u. 4	37. 4
6. 1	14. 4	22. 3 u. 5	30. 1 u. 4	38. 3 u. 4
7. 4	15. 3 u. 4	23. 1	31. 4	39. 1
8. 2	16. 2	24. 1 u. 3	32. 1	40. 1

Übung 9-1: $\cos \varphi_K = 0,44$ bei 100 Hz

Übung 9-2: $\cos \varphi = 0,938$

Übung 9-3: $\cos \varphi_N = 0,9$; $\eta = 95,7 \%$

Übung 9-4: $I_{1N} = 173,3 \text{ A}$; $I_{2N} = 1000 \text{ A}$; $P_{vN} = 36 \text{ KW}$
 $R_1 = 0,5 \text{ Ohm}$; $R_2 = 5 \text{ mOhm}$;
 $L_h = 16,34 \text{ H}$; $R_{fe} = 16,7 \text{ KOhm}$

Übung 9-5: $I_{1N} = 100 \text{ A}$; $I_{2N} = 1000 \text{ A}$
 $u_K = 12 \%$; $i_0 = 1 \%$
 $\eta_{\text{max}} = 98 \%$

Übung 9-6: $\eta_{\text{max}} = 97,3 \%$

Übung 9-7: $P_{vN} = 10,4 \text{ KW}$; $u_K = 3,4 \%$

Übung 9-8: $P^* = 12,69 \text{ KW}$; $M^* = 78,27 \text{ Nm}$

Übung 9-9: $P^* = 13,42 \text{ KW}$; $M^* = 77,67 \text{ Nm}$

Übung 9-10: $n = 488 \frac{1}{\text{min}}$

Übung 9-11: $R_{Br} = 1,544 \text{ Ohm}$

Übung 9-12: $\Delta U = 137,7 \text{ V}$; $\Delta \eta = 3,8 \%$

Übung 9-13: $n_0 = 1266 \frac{1}{\text{min}}$

Übung 9-14: $P_{\text{mech}} = 8,63 \text{ KW}$

Übung 9-15: a) $n_{P_{\text{max}}} \approx 2445 \frac{1}{\text{min}}$

b) $n_{M_K} \approx 2295 \frac{1}{\text{min}}$

c) $n_{(\cos \varphi)_{\text{max}}} \approx 2805 \frac{1}{\text{min}}$

Übung 9-16: $I_0 \approx 3,4 \text{ A}$; $I_A \approx 42,0 \text{ A}$; $I_N \approx 12,1 \text{ A}$
 $M_N \approx 75,4 \text{ Nm}$; $P_N \approx 11,2 \text{ KW}$; $\eta_N \approx 95,7 \%$

Übung 9-17: $\eta_N \approx 0,94$; $M_N \approx 74,5 \text{ Nm}$; $I_N \approx 22,8 \text{ A}$; $M_K \approx 149 \text{ Nm}$; $s_K \approx 0,23$

Übung 9-18: $\eta_N \approx 0,88$

Übung 9-19: $P_N \approx 29 \text{ KW}$; $n_N \approx 1128 \frac{1}{\text{min}}$; $\eta_N \approx 0,94$

Übung 9-20: a) $s_K \approx 0,33$

b) $I_N \approx 120 \text{ A}$; $M_N \approx 89 \text{ Nm}$; $P_N \approx 31 \text{ KW}$

c) $P_{Z_{\text{max}}} \approx 75 \text{ KW}$

d) $P_{\text{abmax}} \approx 41 \text{ KW}$

e) $M \approx 142 \text{ Nm}$; $n \approx 2772 \frac{1}{\text{min}}$

e) $n^* \approx 2556 \frac{1}{\text{min}}$

Übung 9-21: $p = 3$; $n_N \approx 900 \frac{1}{\text{min}}$

Übung 9-22: $\cos \varphi_N = 0,863$; $I_N = 40 \text{ A}$; $\eta_N = 100 \%$; $\beta \approx -22,4^\circ$

Übung 9-23: a) $\beta \approx -25^\circ$; $I_N = 289 \text{ A}$; $U_P \approx 8,5 \text{ KV}$

b) $\cos \varphi = 1$

Übung 9-24: $I_N = 50 \text{ A}$; $\beta \approx -32^\circ$; $U_P = 2,6 \text{ KV}$

Übung 9-25: $I = 325 \text{ A}$

Übung 9-26: a) $P_N \approx 2664 \text{ KW}$

b) $I_B \approx 187 \text{ A}$

Übung 9-27: $P_N = 347 \text{ KW}$

Anhang B

Kennzeichnung der Anschlüsse elektrischer Betriebsmittel

Die Kennzeichnung elektrischer Leiter und die Klemmenbezeichnung von elektrischen Maschinen und Transformatoren sind in der DIN 42400, 42401 von März 1976 auf alphanumerische Zeichen umgestellt worden. Durch die Langlebigkeit der elektrischen Maschinen werden wir auf weite Sicht mit alten wie neuen Bezeichnungen arbeiten müssen. Es ist deshalb angebracht, die wichtigsten Bezeichnungen in einer Gegenüberstellung aufzulisten. (Tabelle 1; Tabelle 2)

Tabelle 1: Gegenüberstellung von alten und neuen Bezeichnungen im Stromnetz

Art		Kennzeichnung	
		alphanumerisch	bisher
Gleichstromnetz	positiv	L +	P
	negativ	L -	N
	Mittelleiter	M	Mp
Drehstromnetz	Außenleiter 1	L 1	R
	Außenleiter 2	L 2	S
	Außenleiter 3	L 3	T
	Mittelleiter	N	Mp
Schutzleiter		PE	SL
Mittelleiter mit Schutzfunktion		PEN	SL/Mp

Tabelle 2: Gegenüberstellung von alten und neuen Bezeichnungen bei Maschinen

Art		Kennzeichnung			
		alphanumerisch		bisher	
Transformator	Oberspannung	1U1, 1V1, 1W1	U,	V,	W
		1U2, 1V2, 1W2	X,	Y,	Z
	Unterspannung	2U1, 2V1, 2W1	u,	v,	w
		2U2, 2V2, 2W2	x,	y,	z
Gleichstrommaschine	Ankerwicklung	A1 - A2		A - B	
	Wendepolwicklung	B1 - B2		GW - HW	
	Kompensationswicklung	C1 - C2		GK - HK	
	Reihenschlußwicklung	D1 - D2		E - F	
	Nebenschlußwicklung	E1 - E2		C - D	
	fremderregte Wicklung	F1 - F2		I - K	
DASM	Ständer	U1, V1, W1	U,	V,	W
		U2, V2, W2	X,	Y,	Z
DsynM	Schleifringläufer	K, L, M	u,	v,	w
	Ständer	U1, V1, W1	U,	V,	W
Wechselstrommaschine	Polrad	U2, V2, W2	X,	Y,	Z
		F1 - F2	I,	K	
	Hilfwicklung Längsachse	H1 - H2			
	Hilfwicklung Querachse	I1 - I2			
Kondensatormotor	U1 - U2	U - V			
	Z1 - Z2	W - Z			

Sachwortverzeichnis

A

Amplituden-Modulation 193
 Anker 32
 Ankerquerfeld 40 f.
 Ankerrückwirkung 41
 Ankertransformator 96
 Anlaß-Methoden 95 ff., 119
 Anlaßwiderstand 51, 74 ff., 80 f., 97 f.
 Anlaufmoment 48, 64
 Anode 133
 Anschlußbezeichnung Anhang
 Anwurfmotor 119
 Asynchroner Anlauf 119
 Asynchronmaschine 80 ff.
 Außenpolmaschine 106 f.

B

Bahnprofil 6
 Belastung (Trafo) 8 ff.
 Betrieb
 –, lückender 147, 150 f.
 –, nichtlückender 147, 152 f.
 Blockierbereich 133
 Brems-Betrieb 47, 51 ff., 87
 Bremsmoment 52
 Bürsten-Feuer 40
 Bürstenspannung 38
 Bürstenübergangswiderstand 38

D

Dalanderschaltung 98
 Dämpferkäfig 119
 Dauerkurzschlußstrom 18, 116
 Doppelschlußmaschine 44, 67 ff.
 Drehfeld 78
 Drehfeldleistung 85 f.
 Drehmoment 36, 42 f., 86, 90, 117
 Drehrichtungsumkehr 61, 99
 Drehstrom 78
 Drehstrom-Asynchronmaschine 80 ff.
 Drehstrommaschine 80 ff., 106 ff.
 Drehstromsteller 131, 174 f.
 Drehstrom-Synchronmaschine 106 ff.
 Drehstromtransformator 5 ff., 22 f.
 Drehzahl-Kennlinie 46 ff., 64, 69, 91 f. 94
 Drehzahlsteuerung 48 ff., 65 f., 98 f.
 Dreieckschaltung 26

Dunkelschaltung 120
 Durchbruchspannung 131
 Durchlaßbereich 131 f.
 Durchlaßwiderstand 135

E

Einphasen-Asynchronmaschine 127 f.
 Einphasenbetrieb 97 f., 128
 Einphasen-Reihenschlußmaschine 126 f.
 Einphasen-Reluktanzmotor 128 f.
 – -Synchronmaschine 128 f.
 – -Transformator 4 ff.
 Eisenkern 5 f.
 Eisenkernverluste 9, 11 f., 17 f., 82, 85
 Eisenkernverluststrom 12
 Eisenkernverlustwiderstand 12
 Erregerwicklung 32 f., 44
 Ersatzschaltbild (Trafo) 9 f.
 Ersatzstromkreis
 –, Drehstromasynchronmaschine 82, 84
 –, Drehstromsynchronmaschine 109 f.
 –, Transformator 10 ff.

F

Fahrzeugtransformator 7
 Feld-Schwächung 48 f., 65
 Feldsteller 54
 Freilaufdiode 136
 Freierdezeit 145
 Fremderregte Maschine 44 ff.
 Fünfschenkeltransformator 6

G

Gate 133 f.
 Gegenstrombremsung 53 f., 67
 Generatorbetrieb 39 ff., 87, 91, 109 ff.
 Glättungsdrössel 139
 Gleichrichter
 –, gesteuerte 139, 144 ff.
 –, ungesteuerte 139 ff.
 Gleichstrommaschine 32 ff.
 Gleichstromsteller (Chopper) 167
 Gleichstromumrichter 166
 Grenzwert 131

H

Haupt-Fluß 9, 23

Hauptinduktivität 9, 82
 Hauptpol 33
 Hauptreaktanzen 109
 Haupttransformator 4
 Heyland-Kreis 86 ff., 114 ff.
 Hilfswicklung 127
 Hystereseverluste 5, 33 f., 82

I

Impulsdauer 134, 193
 Impulsleistung 134
 Impulssatz 165, 192 f., 195
 Induktionsmaschine 83
 Innenpolmaschine 107 f.
 Inversdiode 136

K

Käfigläufer 81
 Kappsches Dreieck 14 f.
 Kathode 133
 Kennlinien 45
 Kerntransformator 5 f.
 Kipp-Moment 92, 113, 118
 Kippschlupf 92
 Klemmenbezeichnung 44, Anhang
 Kohlebürsten 35
 Kollektor 34 f.
 Kommutator 34 f.
 Kommutierung 40 f., 142
 Kommutierungszeit 151
 Kompensationswicklung 40 f.
 Kraftwirkung 35 f.
 Kreisdiagramm 86 ff., 114 ff.
 Kritische Drehzahl 58
 Kritischer Widerstand 57
 Kühlrippen 8
 Kühlung (Trafo) 8
 Kühlkörper 132
 Kühl-Mittel 8
 Kupferverluste 8, 18 ff., 22
 Kurzschluß-Betrieb /Trafo) 18 ff.
 Kurzschlußimpedanz (Trafo) 18 ff.
 Kurzschlußläufer 81
 –, Sanftanlauf 98
 Kurzschlußläuferstrom 18
 – bei Leerläuferregung 115 f.
 Kurzschlußläuferversuch (Trafo) 19 f.

L

Lagerschild 32, 80
 Last 139, 145
 –, aktive 147
 –, induktive 147
 Lastwechsel 38 f.

Lastwinkel 111
 Last-Kennlinie 45 f., 58 f., 62, 68
 Läufer 32, 80, 106 ff.
 Leerlaufdrehzahl 39
 Leerlaufkennlinie 45, 55
 Leerlaufspannung 12, 40
 Leerlaufversuch (Trafo) 16 f.
 Leerlauf-Betrieb (Trafo) 15 f.
 Leistung 42, 85 f., 89
 Leistungstransformator 4
 Leistungs-Faktor 17
 Leonard-Schaltung 50
 Löschen 133

M

Magnetisierungsstrom 12
 Manteltransformator 6
 Mittelwert
 –, arithmetischer 140 f.
 –, quadratischer 173 f.
 Motorbetrieb 37 ff., 87

N

Nebenschlußmaschine 44, 54 ff.
 Neutrale Zone 36, 40 f.
 Normalerregung 115
 Nulldurchgang 144
 Nullkippspannung 133
 Nutzbremung 51 f., 139

O

Oberspannungswicklung 7
 Ortskurve 86 ff., 114 ff.

P

Parallelbetrieb (Trafo) 24 f.
 Phasenanschnittsteuerung 144
 Phasenschieber 111
 Polpaarzahl 33
 Polrad 108
 Polradspannung 108
 Polschuh 32
 Pol-Kern 32
 Primärwicklung 7
 Pulsbreitenmodulation 185
 Pulsfolgesteuerung 168
 Pulsverfahren 179
 Pulsweitenmodulation 185 f.

R

Reihenschlußverhalten 64
 Reihenschluß-Maschine 44, 61 ff.
 Relative Kurzschlußspannung 20 f.
 Relativer Leerlaufstrom 18

Reluktanzmotor 128 f.
 Remanenzspannung 46
 Roebelstab 34
 Röhrenwicklung 7
 Rotor 32

S

Sammelschienenparallellauf 24
 Schaltgruppen 23
 Scheibenwicklung 7
 Schenkelpollläufer 107 f.
 Schleifringläufer 80 f., 94 f.
 Schleusenspannung 131
 Schlupf 83
 Schutztransformator 4
 Sekundärwicklung 7
 Selbsterregung 54
 Selbsterregungsbedingung 75
 Spaltpolmotor 127 f.
 Spartransformator 4
 Sperrbereich 131
 Sperrschichttemperatur 132
 Sperrstrom 131
 Sperrverzögerungszeit 133
 Ständer 32, 80, 107
 Stator 32
 Steinmetz-Schaltung 128
 Stern-Dreieck-Anlauf 95 f.
 Sternschaltung 26
 Steuerkennlinie 147 f., 152
 Streufluß 9
 Streuflußinduktivität 9, 82
 Streuflußreaktanz 109
 Stromortskurve 86 ff., 113 ff.
 Stromverdrängung 20
 Strom-Belag 37
 Stromflußwinkel 144 f.
 Stromlücken 147
 Stromrichter 139
 –, fremdgeführt 147
 –, netzgeführt 139 f., 142
 –, selbstgeführt 167
 Stromrichterkaskade 176 f.
 Stromwender 34 f.
 Synchrondrehzahl 79, 82
 Synchrone Reaktanz 110
 Synchronisieren 119 f.
 Synchronismus 113
 Synchronmaschine 106 ff.

T

Tastverhältnis 168
 Träger-Staueffekt 132 f.
 Transformator 4 ff.
 Trommelwicklung 37
 Trommel-Anker 37

U

Übererregung 110
 Übersetzungsverhältnis 9, 16
 Überstromschutz 134
 Ummagnetisierungsverluste 5
 Umspanntransformator 4
 Universalmotor 127
 Untererregung 112
 Unterspannungswicklung 7

V

Verbraucherpeilsystem 160
 Verlustleistung 132f.
 Verteilertransformator 4
 Vollpolläufer 107 f.

W

Wärmewiderstand 132
 Wechselrichter 166
 Wechselrichterbetrieb 151 f.
 Wechselrichtergrenze 151
 Wechselrichter
 –, netzgeführte 139, 161 f.
 –, selbstgeführte 179 f.
 Wechselstrommaschinen 126 ff.
 Wechselstromumrichter 178 f.
 Welligkeit 140, 143
 Wendepole 32 f., 40 f.
 Wicklung (Trafo) 7
 Wicklungskopf 34, 92
 Widerstandsbremung 52, 66 f.
 Windungszahlen 9
 Wirbelstromverluste 5, 82
 Wirkungsgrad 21 f.

Z

Zeigerdiagramm (Trafo) 13 f.
 Zickzackschaltung 23
 Zünden 133
 Zündimpulse 133 f., 192 f.
 Zündverzögerungswinkel 144
 Zwischenkreis 178
 Zylinderwicklung 7

Für Ingenieure aus Praxis und Ausbildung

Elektronische Antriebstechnik

Dimensionierung
von Antriebstechnik
mit Mathcad

von Claus Wehrmann



1995. XIV, 214 S.
Gebunden. DM 69,80
ISBN 978-3-528-34076-6

Aus dem Inhalt:

Leistungshalbleiter - Halb- und voll-
gesteuerte Stromrichterschaltungen -
Ankerdrosseln für GS-Antriebe bei
lückendem und nicht-lückendem
Betrieb - Regelung von Drehstrom-
motoren mit Spannungsstellern und
Umrichtern - Anwendungsbeispiele
für 2- und 4-Quadranten-Antriebe -
Regeltechnik

Das Buch ist für Ingenieure aus
Praxis und Ausbildung geschrieben,
die vor der Aufgabe stehen, elektro-
nische Antriebe zu dimensionieren.
Es werden physikalische Zusammen-
hänge erläutert und geeignete mathe-
matische Verfahren dargestellt. Da-
bei werden die Berechnungen elek-
tronischer Antriebe mit Hilfe des
Programms MathCad durchgeführt.



Abraham-Lincoln-Straße 46
65189 Wiesbaden
Fax 0180.57878-80
www.vieweg.de

Stand September 1999
Änderungen vorbehalten.
Erhältlich beim Buchhandel oder beim Verlag.

Elektrische Energietechnik im kompakten Überblick

Handbuch Elektrische Energietechnik

Grundlagen -
Anwendungen

von Liviu Constantinescu-
Simon, Alfred Böge und
Peter F. Brosch



2., verb. 1997. 838 S. mit
1272 Abb. und 131 Tab.
Gebunden. DM 178,00
ISBN 978-3-528-34076-6

Das "Handbuch Elektrische Energie-
technik" ist ein Grundlagenwerk
und bietet zu allen wichtigen Fach-

gebieten der elektrischen Energie-
technik kompaktes Wissen über-
sichtlich dargestellt. Zahlreiche
Autoren aus Hochschule und
Industrie haben auf dem neuesten
Stand der Technik alle wichtigen
Grundbeziehungen, Berechnungs-
verfahren, Bauelemente, Schaltungs-
techniken und energietechnischen
Anlagen des jeweiligen Fachgebietes
aufbereitet. Zu jedem Kapitel werden
ausführliche Berechnungsbeispiele
angeboten, die dem Leser eine
schnelle Orientierung im jeweiligen
Fachgebiet ermöglichen. Die von den
Autoren eingebrachten Erfahrungen
bieten dem mit energietechnischen
Fragen befassten Ingenieur eine
zuverlässige Informationsquelle, die
nach nur zweijähriger Laufzeit in
zweiter Auflage sorgfältig korrigiert
und verbessert wurde.



Abraham-Lincoln-Straße 46
65189 Wiesbaden
Fax 0180.57878-80
www.vieweg.de

Stand September 1999
Änderungen vorbehalten.
Erhältlich beim Buchhandel oder beim Verlag.