

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Grundlagen	1
1.1 Zählpfeile und physikalische Grundgesetze	1
1.2 Wechselströme, Wechselspannungen und ihre Darstellung in Zeigerform	2
1.3 Räumliche Wellen und ihre Darstellung	4
1.4 Symmetrische Komponenten	10
1.5 Umformung von Ersatzschaltbildern	12
1.6 Umrechnung von Wicklungen	13
2. Aufbau kleiner Asynchronmotoren	17
2.1 Bauteile und Baustoffe	17
2.2 Kondensatoren	25
2.3 Thermischer Schutz von Wicklungen	27
2.4 Ständerwicklungen von Einphasenasynchronmotoren	29
2.4.1 Auslegung und Darstellung der Wicklungen	29
2.4.2 Drehstromwicklungen	30
2.4.3 Zweiphasenwicklungen	30
2.4.4 Einphasenwicklungen mit Hilfsstrang	30
2.4.5 Einphasenwicklungen für zwei Spannungen	33
2.4.6 Polumschaltbare Wicklungen	34
2.4.7 Bruchlochwicklungen	35
3. Grundlegende Theorie des Betriebsverhaltens	36
3.1 Vereinfachende Annahmen	36
3.2 Grundlegende Eigenschaften der Mehrphasenmotoren bei symmetrischer Speisung	37
3.2.1 Ersatzschaltbild und Zeigerdiagramm	37
3.2.2 Kreisdiagramm	40
3.2.3 Die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie	43
3.3 Schaltungen der Asynchronmotoren am Einphasennetz	43
3.3.1 Ersatz eines Drehstromnetzes	44
3.3.2 Ersatz eines Zweiphasennetzes	45
3.3.3 Verschiedene Ständerschaltungen von Einphasenasynchronmotoren	46
3.3.3.1 Zweisträngige Schaltungen	46
3.3.3.2 Dreisträngige Schaltungen	52
3.4 Der einsträngige Einphasenmotor (Anwurfmotor)	53
3.4.1 Wirkungsweise	53
3.4.2 Ersatzschaltbild	55
3.4.3 Läuferströme, Drehmoment und Energiefluß	58
3.4.4 Ortskurve des Ständerstroms	62
3.5 Einphasenmotor mit Hilfsstrang	65
3.5.1 Grundgleichungen	66

3.5.2 Anzugsmoment und Anzugsstrom	68
3.5.3 Graphisch-analytische Lösung von Krondl	70
3.5.4 Der Betriebskondensatormotor.	73
3.5.4.1 Kreisfeld im Kondensatormotor (Dauerbetrieb)	75
3.5.4.2 Anzugsmoment des Kondensatormotors	77
3.5.4.3 Betriebsverhalten des Betriebskondensatormotors	81
3.5.4.4 Ortskurven der Ströme.	82
3.5.5 Der zweisträngige Anlaßkondensatormotor.	84
3.5.6 Motor mit Widerstandshilfsstrang	89
3.5.6.1 Anzugsmoment beim Widerstandsanlauf	91
3.5.6.2 Erwärmung der Hilfswicklung bei Widerstandshochlauf	96
3.5.7 Abschalten von Anlaßimpedanzen	97
3.6 Die Steinmetzschaltung	101
3.7 Drehfeldtheorie als Überlagerung von Einphasenmotoren	105
3.8 T-Schaltung von Kondensatormotoren.	109
3.8.1 Bedeutung und Betriebsverhalten	109
3.8.2 Aufteilung des Hauptstranges	112
3.9 Der Spaltpolmotor	115
3.9.1 Aufbau	115
3.9.2 Wirkungsweise.	117
3.9.3 Stufenpol und gesättigte Zonen als Zusatzstränge	122
3.9.4 Grundgleichungen	124
4. Abweichungen von der Grundwellentheorie.	126
4.1 Oberwellen der Wicklungsverteilung	126
4.2 Asynchrone Zusatzmomente der Ständeroberwellen.	127
4.2.1 Physikalischer Hintergrund	127
4.2.2 Erweitertes Ersatzschaltbild des einsträngigen Einphasenmotors	127
4.2.3 Asynchrone Momente von unsymmetrischen Asynchronmotoren	129
4.2.4 Asynchrone Zusatzmomente der wichtigsten Ständerschaltungen	131
4.2.4.1 Zweisträngiger Kondensatormotor	132
4.2.4.2 Die Steinmetzschaltung	132
4.2.4.3 Einphasenmotor mit Widerstandshilfsstrang	132
4.2.4.4 Die T-Schaltung	133
4.2.4.5 Der Spaltpolmotor	133
4.2.5 Synchrone Oberwellenmomente	136
4.3 Synchrone Oberwellenmomente	136
4.4 Pendelmomente	140
4.4.1 Pendelmomente der Arbeitsgrundwelle	140
4.4.2 Pendelmomente der Oberwellen	141
4.5 Radiale Zugkräfte	141
4.6 Einfluß der Nutöffnungen	143
4.7 Querströme in Käfigläufern	146
4.7.1 Querströme der Arbeitsgrundwelle	146
4.7.2 Querströme der Nutharmonischen	146
4.7.3 Übergangswiderstand zwischen Käfig und Eisen	147
4.7.4 Rechnerische Erfassung von Querstromerscheinungen	150
4.7.4.1 Der reelle und komplexe Schrägungsfaktor	150
4.7.4.2 Einfluß der Baugröße und Läuferlänge	152
5. Vorläufiger Entwurf des Motors	154
5.1 Entwurf des magnetischen Kreises	154
5.2 Entwurf der Wicklungen.	157

5.2.1 Die Läuferwicklung	157
5.2.2 Die Ständerwicklung	158
5.2.2.1 Schaltung und Verteilung der Stränge	158
5.2.2.2 Bestimmung der Leiterzahl	158
6. Berechnung von Einphasenynchronmotoren	164
6.1 Impedanzen	164
6.1.1 Leitfähigkeit des Materials	164
6.1.2 Digitale Beschreibung der Ständerwicklung	165
6.1.3 Widerstand eines Ständerstranges	165
6.1.4 Wirkwiderstand des Käfigläufers	167
6.1.5 Die effektive Leiterzahl und der Wicklungsfaktor	167
6.1.6 Der Schrägungsfaktor	168
6.1.7 Umrechnungsfaktor der Läuferimpedanzen	168
6.1.8 Reaktanzen des Luftspaltfeldes	168
6.1.8.1 Der Cartersche Faktor	168
6.1.8.2 Die Hauptreaktanz	169
6.1.9 Streureaktanz des Ständers	169
6.1.9.1 Die Nutstreuung eines Ständerstranges	169
6.1.9.2 Die Oberwellenstreuung	170
6.1.9.3 Die Stirnstreuung	172
6.1.9.4 Streureaktanz eines Stranges	172
6.1.10 Die Streuung des Käfigläufers	172
6.1.10.1 Streuung in Läufernuten	173
6.1.10.2 Streuung der Oberwellen und der Nutschrägung	173
6.1.10.3 Läuferstreuung im Stirnraum	174
6.1.10.4 Die Streureaktanz des Läufers	175
6.1.11 Magnetischer Kreis	175
6.1.11.1 Induzierte Spannung und magnetischer Fluß	176
6.1.11.2 Magnetische Spannung am Luftspalt	176
6.1.11.3 Magnetische Spannung im Ständerjoch	177
6.1.11.4 Die Magnetisierungskurve und der Einfluß der Luftwege	178
6.1.11.5 Magnetische Spannung in den Ständerzähnen	179
6.1.11.6 Magnetische Spannung in den Läuferzähnen	180
6.1.11.7 Magnetische Spannung im Läuferjoch	180
6.1.11.8 Überprüfung des Abflachungsfaktors	181
6.1.11.9 Korrektur der Hauptreaktanz	181
6.1.12 Eisen- und Zusatzverluste	181
6.2 Grundgleichungen für Rechenprogramme	183
6.2.1 Impedanzen Z'_{mv} , Z'_{gv}	183
6.2.2 Gleichungen des zweisträngigen Motors mit Oberwellen	184
7. Einige praktische Hinweise	185
7.1 Experimentelle Ermittlung der günstigsten Leiterzahl	185
7.2 Klemmenbezeichnungen	186
7.3 Die Drehrichtung und ihre Umkehr	187
8. Anhang	189
8.1 Strombelagsfunktion des Ständers	189
8.1.1 Strombelag einer Nut	189
8.1.2 Zeigerdarstellung der Strombelagswellen	190
8.1.3 Der komplexe Wicklungsfaktor	191

8.1.4 Die Nutharmonischen.	191
8.1.5 Strombelagswellen einer vielsträngigen Wicklung.	192
8.1.6 Symmetrische Komponenten	193
8.2 Der Schrägungsfaktor	193
8.2.1 Die Bedeutung des Schrägungsfaktors in Gleichungen.	193
8.2.2 Der komplexe Schrägungsfaktor	195
8.3 Pendelmomente der Arbeitsgrundwelle im einsträngigen Motor	196
8.4 Systematische Herleitung der Maschinengleichungen	198
8.4.1 Zusammenhang der elektromagnetischen Grundgrößen	198
8.4.2 Gleichungen für die Arbeitsgrundwelle	199
8.4.3 Gleichungen des symmetrischen Zweiphasenmotors	201
Schrifttum.	205
Bedeutung der wichtigsten Formelzeichen	208
Sachverzeichnis	212