

Ing. (grad.) Werner Hanncke

Drehstrom- und Einphasen-Asynchronmotoren

Aufbau · Berechnung · Anwendung

Mit 76 Bildern und zahlreichen Tabellen

Dr. Alfred Hüthig Verlag Heidelberg

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Zusammenstellung der Formelzeichen nach DIN	12
Auszug aus DIN 40 715, Schaltzeichen für Maschinen	15
Hinweis auf Verwendung neuer Einheiten	15
1. Theorie des Drehstroms	17
1.1. Sternschaltung	18
1.2. Dreieckschaltung	20
1.3. Stern-Dreieck-Schalter	21
1.4. Das Drehfeld	22
2. Der Drehstrom-Asynchronmotor	27
2.1. Anwendungsbereich	27
2.2. Allgemeine Angaben	27
2.2.1. Bauformen	27
2.2.2. Baugrößen und Leistungen	30
2.2.3. Schutzarten	31
2.2.4. Mechanische Ausführung	32
2.2.5. Elektrische Ausführung	34
2.3. Ständer	36
2.3.1. Zweischichten-Wicklung	38
2.3.2. Dreischichten-Wicklung	40
2.4. Läufer	42
2.4.1. Stabläufer	43
2.4.1.1. Läufer mit eingelegten Stäben	43
2.4.1.2. Druckgußläufer	44
2.4.2. Schleifringläufer	44
2.4.3. Wicklungsläufer	45
2.5. Berechnungsgrößen für den Ständer	46
2.5.1. Strom I_1	46
2.5.2. Induzierte Spannung E_{p_1} je Phase	47
2.5.3. Luftspalt δ	50
2.5.4. Ständerbohrung D , Ständerlänge l_e , Paketlänge l	50
2.5.5. Drahtzahl z_1 , Drahtzahl je Nut z_n , Nutenteilung τ_n	53
2.5.6. Wicklungslänge l_{p_1}	54
2.5.7. Widerstand R_{p_1}	55

2.5.8.	Konstruktionsmaße für das Ständerblech	56
2.5.8.1.	Rechteckige Nut	57
2.5.8.2.	Trapezförmige Nut	62
2.6.	Berechnungsgrößen für den Läufer	65
2.6.1.	Kraftfluß Φ_0 im Läufer	66
2.6.2.	Induzierte Spannung E_{p_2} je Phase	67
2.6.3.	Läuferstrom I_2	68
2.6.4.	Phasenwiderstand R_{p_1} , Ringwiderstand R_r	69
2.6.5.	Länge l_{p_2} , Phasenwiderstand R_{p_2} , Nutenquerschnitt F_n beim Schleifring- und Wicklungsläufer	73
2.6.6.	Läuferwelle	74
2.6.7.	Drehmoment M_d	75
2.6.8.	Stromverdrängungsläufer	79
2.6.9.	Konstruktionsmaße für das Läuferblech	81
2.6.9.1.	Runde Nut	82
2.6.9.2.	Tropfenförmige Nut	84
2.6.9.3.	Keulenförmige Nut	87
2.6.10.	Schlupf s	89
2.7.	Ständer- und Läuferverluste	91
2.8.	Wirkungsgrad η	98
2.9.	Übertemperatur ϑ	99
2.10.	Kreisdiagramm des Drehstrom-Asynchronmotors (HEYLAND-Diagramm)	100
2.11.	Allgemeiner Berechnungsplan	107
2.12.	Berechnungsbeispiele	
	1. Beispiel ($P_N = 60$ W, 2polig)	124
	2. Beispiel ($P_N = 180$ W, 2polig)	132
	3. Beispiel ($P_N = 1500$ W, 4polig)	139
3.	Der Einphasen-Asynchronmotor	145
3.1.	Anwendungsbereich	145
3.2.	Allgemeine Angaben	145
3.3.	Drehfeld-Wirkung beim Einphasenstrom	146
3.4.	Spaltpol-Asynchronmotor	147
3.5.	Asynchronmotor mit Hilfswicklung	149
3.5.1.	Asynchronmotor mit abschaltbarer Hilfswicklung	151
3.5.1.1.	Berechnungsgrößen für den Ständer	153
3.5.1.1.1.	Strom I_A	153
3.5.1.1.2.	Induzierte Spannung E_A	153
3.5.1.1.3.	Luftspalt δ	155

3.5.1.1.4.	Ständerbohrung D , Ständerlänge l_c , Paketlänge l	155
3.5.1.1.5.	Drahtzahl z_A , Drahtzahl je Nut z_{nA} , Nutenteilung τ_n	156
3.5.1.1.6.	Wicklungslänge l_A	156
3.5.1.1.7.	Kraftflüsse Φ_0 und Φ_R	157
3.5.1.1.8.	Widerstand R_A	157
3.5.1.1.9.	Konstruktionsmaße für das Ständerblech	158
3.5.1.2.	Berechnungsgrößen für den Läufer	160
3.5.1.2.1.	Nutzenzahl Nu_L	161
3.5.1.2.2.	Induzierte Spannung E_{pL}	161
3.5.1.2.3.	Läuferstrom I_L	162
3.5.1.2.4.	Phasenwiderstand R_p , Ringwiderstand R_r	162
3.5.1.2.5.	Länge l_{pL} , Phasenwiderstand R_{pL} , Nutenquerschnitt F_n beim Wicklungsläufer	164
3.5.1.2.6.	Läuferwelle	165
3.5.1.2.7.	Drehmoment M_d	166
3.5.1.2.8.	Konstruktionsmaße für das Läuferblech	166
3.5.1.2.9.	Schlupf s	168
3.5.1.3.	Ständer- und Läuferverluste	169
3.5.1.4.	Wirkungsgrad η	171
3.5.1.5.	Übertemperatur ϑ	171
3.5.1.6.	Berechnung der Hilfswicklung	172
3.5.1.6.1.	Wicklungswiderstand R_H	172
3.5.1.6.2.	Kurzschlußstrom (= Anlaufstrom) I_K	174
3.5.1.7.	Berechnungsbeispiele	
	1. Beispiel ($P_N = 50$ W, 2polig)	179
	2. Beispiel ($P_N = 550$ W, 4polig)	190
3.5.2.	Asynchronmotor mit Hilfswicklung und Kondensator (Kondensatormotor)	197
3.5.2.1.	Berechnungsgrößen für den Ständer	201
3.5.2.1.1.	Nach Abschnitt 3.5.1.1. zu berechnende Größen	201
3.5.2.1.2.	Strom I_S	202
3.5.2.1.3.	Widerstände im Hilfsstromkreis	203
3.5.2.1.4.	Strom I_H	205
3.5.2.2.	Berechnungsgrößen für den Läufer	205
3.5.2.3.	Ständer- und Läuferverluste	205
3.5.2.4.	Wirkungsgrad η	206
3.5.2.5.	Übertemperatur ϑ	206
3.5.2.6.	Kurzschlußstrom (= Anlaufstrom) I_{K_S}	206
3.5.2.7.	Berechnungsbeispiele	
	1. Beispiel ($P_N = 50$ W, 2polig)	207
	2. Beispiel ($P_N = 750$ W, 4polig)	209

4.	Sicherungen, Thermoschutzkontakte, Motorschutzschalter . . .	219
4.1.	Sicherungen	219
4.2.	Allgemeines über Bimetalle	220
4.3.	Thermoschutzkontakte	222
4.4.	Motorschutzschalter	223
5.	Motorische Antriebe	225
5.1.	Allgemeines	225
5.1.1.	Dauerbetrieb (S 1)	225
5.1.2.	Kurzzeitbetrieb (S 2)	225
5.1.3.	Aussetzbetrieb (S 3) ohne Einfluß des Anlaufs auf die Temperatur	226
5.2.	Berechnung von Antriebsleistungen	226
5.2.1.	Lüfter (Ventilatoren)	226
5.2.2.	Anlagen mit motorischem Öffnen und Schließen	229
5.2.2.1.	Vorhangzug	230
5.2.2.1.1.	Berechnungsbeispiel	233
5.2.2.2.	Toröffnungs-Einrichtung	235
5.2.2.2.1.	Berechnungsbeispiel	238

Anhang

	Zusammenfassung der angegebenen DIN-Normen und VDE-Bestimmungen	245
Tafel 1:	Richtwerte für die Berechnung von Drehstrom- Asynchronmotoren	247
Tafel 2:	Richtwerte für die Berechnung von Einphasen-Asynchron- motoren (mit abschaltbarer Hilfswicklung)	248
Tafel 3:	Richtwerte für die Berechnung von Einphasen-Asynchron- motoren (mit Betriebskondensator)	249
Tafel 4:	Nutenfüllfaktor k_n	250
Tafel 5:	Verluste V in W/kg für Blechpakete	250
Tafel 6:	Die wichtigsten Daten für Kupferlackdrähte nach DIN 46 435, einfach lackisoliert (L)	251
Tafel 7:	Die wichtigsten Daten für Kupferlackdrähte nach DIN 46 435, doppelt lackisoliert (2 L)	255

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	11
Tafel 8: Durchmesser und Gleichstromwiderstand umspinnener Drähte nach DIN 46 436 Teil 2	259
Tafel 9: Sinus- und Cosinus-Werte für Berechnungen	264
Tafel 10: Beispiele für die Einteilung der Isolierstoffe nach Isolierstoffklassen (nach VDE 0530)	265
Tafel 11: Grenz-Übertemperaturen von indirekt mit Luft gekühlten Maschinen (nach VDE 0530)	271
Tafel 12: Magnetische und technologische Eigenschaften von Elektroblechen (nach DIN 46 400 Teil 1)	274
Tafel 13: R- und E-Reihen für Widerstände und Kondensatoren	276
Tafel 14: Blechschnitte für Spaltpolmotoren 2polig	278
Tafel 15: Blechschnitte für Spaltpolmotoren 4polig	281
Tafel 16: Blechschnitte für Drehstrom- und Einphasenmotoren 2polig	282
Tafel 17: Blechschnitte für Drehstrom- und Einphasenmotoren 4polig	284
Stichwörterverzeichnis	287