VOGELSANG & BENNING

Prüfanlagen und Testsysteme
Automatisierungslösungen
Qualitätssicherungssysteme

Wirkungsgradbestimmung

an Elektromotoren nach DIN EN 60034

Wirkungsgradbestimmung an Elektromotoren nach DIN EN 60034

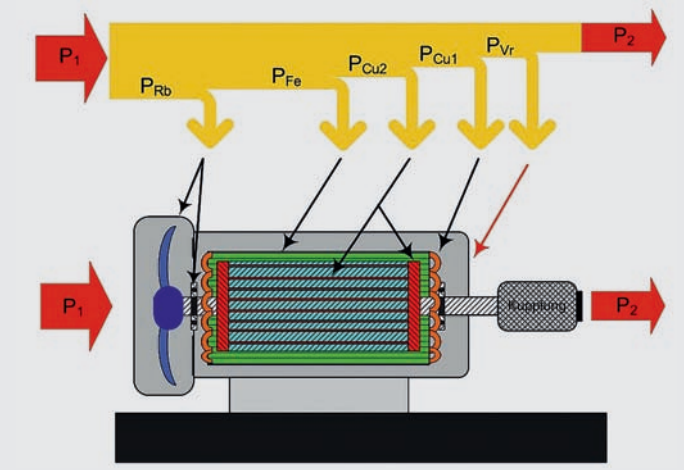
Elektrisch angetriebene Systeme stehen für etwa 70 % des Stromverbrauches der Industrie und des produzierenden Gewerbes. Unter Kostengesichtspunkten und nicht zuletzt wegen ehrgeiziger Klimaschutzziele ist es erforderlich, die Effizienz und den Wirkungsgrad elektrischer Antriebe zu erhöhen und so Einsparungen des industriellen Stromverbrauchs zu erreichen.

Es gab bisher schon eine Klassifizierung von Elektromotoren nach ihrem Wirkungsgrad: EFF1, EFF2 und EFF3, mit entsprechenden Grenzkurven. Diese Klassifizierung erfasste Drehstrommotoren im Leistungsbereich von 1,1 bis 90 kW (nur 2- und 4-polige Maschinen).

Nunmehr werden durch die Norm EN 60034-30-1 in der Fassung von 2014 Mindestwirkungsgrade für Drehstromasynchronmotoren mit Käfigläufer festgelegt. Die Motoren werden in die Klassen IE1, IE2, IE3 und IE4 mit entsprechenden Anforderungen an den nominellen Mindestwirkungsgrad eingeteilt.

Diese neuen weltweit harmonisierten Klassen gelten für fast alle Niederspannungs-Drehstrommotoren im Leistungsbereich von 0,75 bis 375 kW.

Um diese Klassifizierung durchzuführen, ist eine möglichst exakte und reproduzierbare Bestimmung des Wirkungsgrades erforderlich. Die zu bevorzugenden Verfahren für die Ermittlung des Wirkungsgrades werden in der EN 60034-2-1 festgelegt.



Wirkungsgrad Elektromotoren

Für Motoren bis 1 kW wird die direkte Wirkungsgradbestimmung bestimmt. Für Motoren mit Nennleistungen bis 2 MW wird die direkte Messung der Wellenleistung mit anschließender Berechnung der Einzelverluste (nach dem Verfahren B) gefordert. Aus der Einhaltung der Vorgaben der Norm ergibt sich folgender Prüfablauf für die Wirkungsgradbestimmung:

Prüfablauf für die Wirkungsgradermittlung

1. Messung des Wicklungswiderstandes
des kalten Motors.

2. Dauerlaufmessung
Durchführung eines Erwärmungslaufs mit Nennlast bis zum Erreichen der Beharrungstemperatur.

3. Messung des Wicklungswiderstandes
Unmittelbar nach dem Abschalten des Motors wird wahlweise eine Messung, wenn die Messung schnell genug innerhalb von 90 s erfolgt, oder eine komplette Abkühlkurve mit Extrapolation (Rückrechnung) auf den Abschaltzeitpunkt, durchgeführt.

4. Messung der Betriebskennlinie
Belastungsmessung mit 25 %, 50 %, 75 %, 100 %, 125 % der Nennlast. Unmittelbar vor und nach der Messung sind die Wicklungswiderstände zu messen.

5. Messung der Leerlaufkennlinie
bei betriebswarmem Motor. Unmittelbar vor und nach der Messung sind die Wicklungswiderstände zu messen.

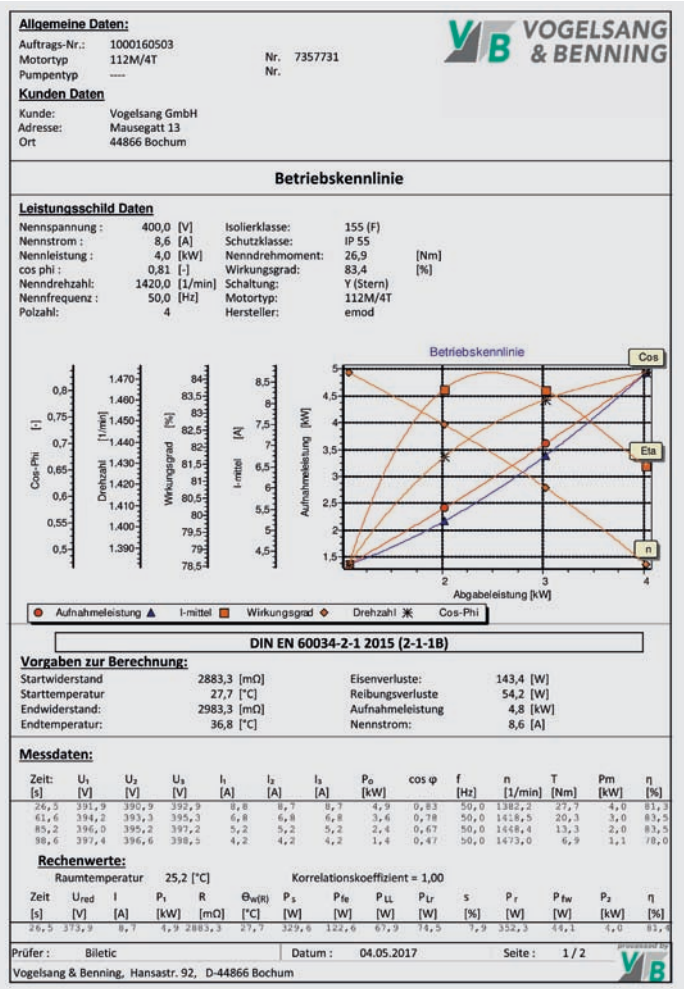
Mit den Ergebnissen dieser Messungen und Auswertungen kann der Motor dann der Wirkungsgradklasse IE1, IE2, IE3 oder IE4 zugeordnet werden. Am Beispiel eines 2 poligen Motors mit 110 KW Nennleistung bedeutet dies für den Wirkungsgrad:

IE1 ≥ 93,3 %
IE2 ≥ 94,3 %
IE3 ≥ 95,2 %
IE4 ≥ 96,0 %

Hier wird deutlich, wie klein die Differenz im Wirkungsgrad zwischen den Wirkungsgradklassen ist.

In Leistung ausgedrückt liegen zwischen der Einstufung des 110-kW-Motors in die Effizienzklasse IE1 bzw. IE2 gerade einmal 1250 Watt in der Leistungsaufnahme. Zwischen den Effizienzklassen IE2 und IE3 sind es 1103 Watt, während die Differenz zwischen IE3 und IE4 gar bei 963 Watt liegt.

Bei einer angenommenen Nenndrehzahl von 2950 1/min hat dieser 110-kW-Motor im S1 Betrieb ein Nennmoment von 356 Nm.



Allgemeine Daten:

Auftrags-Nr.: 1000160503
Motortyp 112M/4T Nr. 7357731
Pumpentyp ---- Nr.

Kunden Daten

Kunde: Vogelsang GmbH
Adresse: Mausegatt 13
Ort 44866 Bochum

Betriebskennlinie

Leistungsschild Daten

Nennspannung :	400,0	[V]	Isolierklasse:	155 (F)	
Nennstrom :	8,6	[A]	Schutzklasse:	IP 55	
Nennleistung :	4,0	[kW]	Nenndrehmoment:	26,9	[Nm]
cos phi :	0,81	[-]	Wirkungsgrad:	83,4	[%]
Nenndrehzahl:	1420,0	[1/min]	Schaltung:	Y (Stern)	
Nennfrequenz :	50,0	[Hz]	Motortyp:	112M/4T	
Polzahl:	4		Hersteller:	emod	

DIN EN 60034-2-1 2015 (2-1-1B)

Vorgaben zur Berechnung:

Startwiderstand	2883,3	[mΩ]	Eisenverluste:	143,4	[W]
Starttemperatur	27,7	[°C]	Reibungsverluste	54,2	[W]
Endwiderstand:	2983,3	[mΩ]	Aufnahmeleistung	4,8	[kW]
Endtemperatur:	36,8	[°C]	Nennstrom:	8,6	[A]

Messdaten:

Zeit: [s]	U_1 [V]	U_2 [V]	U_3 [V]	I_1 [A]	I_2 [A]	I_3 [A]	P_0 [kW]	cos φ	f [Hz]	n [1/min]	T [Nm]	Pm [kW]	η [%]
26,5	391,9	390,9	392,9	8,8	8,7	8,7	4,9	0,83	50,0	1382,2	27,7	4,0	81,3
61,6	394,2	393,3	395,3	6,8	6,8	6,8	3,6	0,78	50,0	1418,5	20,3	3,0	83,5
85,2	396,0	395,2	397,2	5,2	5,2	5,2	2,4	0,67	50,0	1448,4	13,3	2,0	83,5
98,6	397,4	396,6	398,5	4,2	4,2	4,2	1,4	0,47	50,0	1473,0	6,9	1,1	78,0

Rechenwerte:

Raumtemperatur 25,2 [°C] Korrelationskoeffizient = 1,00

Zeit [s]	U_{red} [V]	I [A]	P_1 [kW]	R [mΩ]	$\Theta_{W(R)}$ [°C]	P_s [W]	P_{fe} [W]	P_{LL} [W]	P_{Lr} [W]	s [%]	P_r [W]	P_{fw} [W]	P_2 [kW]	η [%]
26,5	373,9	8,7	4,9	2883,3	27,7	329,6	122,6	67,9	74,5	7,9	352,3	44,1	4,0	81,6

Prüfer : Biletic Datum : 04.05.2017 Seite : 1 / 2

Vogelsang & Benning, Hansastr. 92, D-44866 Bochum

Betriebskennlinie MotorTop

Geht man von einem zulässigen Messfehler von 0,2 % (gemäß EN 60034-2-1) bei der Drehmomentmessung aus, so bedeutet dieser Messfehler schon rund 220 Watt, also ca. 25 % der Differenz zwischen zwei Effizienzklassen.

Einfluss des mechanischen Prüfstandsaufbaus

Als Belastungseinrichtungen werden im Versuch Drehstromasynchronmotoren mit rückspeisefähigen Frequenzumrichtern eingesetzt. Drehmoment und Drehzahl zwischen Prüfling und Belastungseinrichtung werden über Drehmomentmesswellen mit hoher Mess-genauigkeit erfasst.

Beim Kuppeln der Prüflinge muss eine optimale Ausrichtung der Wellenverbindung zwischen Prüfling und Drehmomentmesswelle erreicht werden.

Alle Verluste in der Kupplung, z.B. eine erhöhte Walkarbeit in Folge unkorrekter Ausrichtung können nicht erfasst bzw. separiert werden und führen zu einem Fehler in der Wirkungsgradbestimmung.

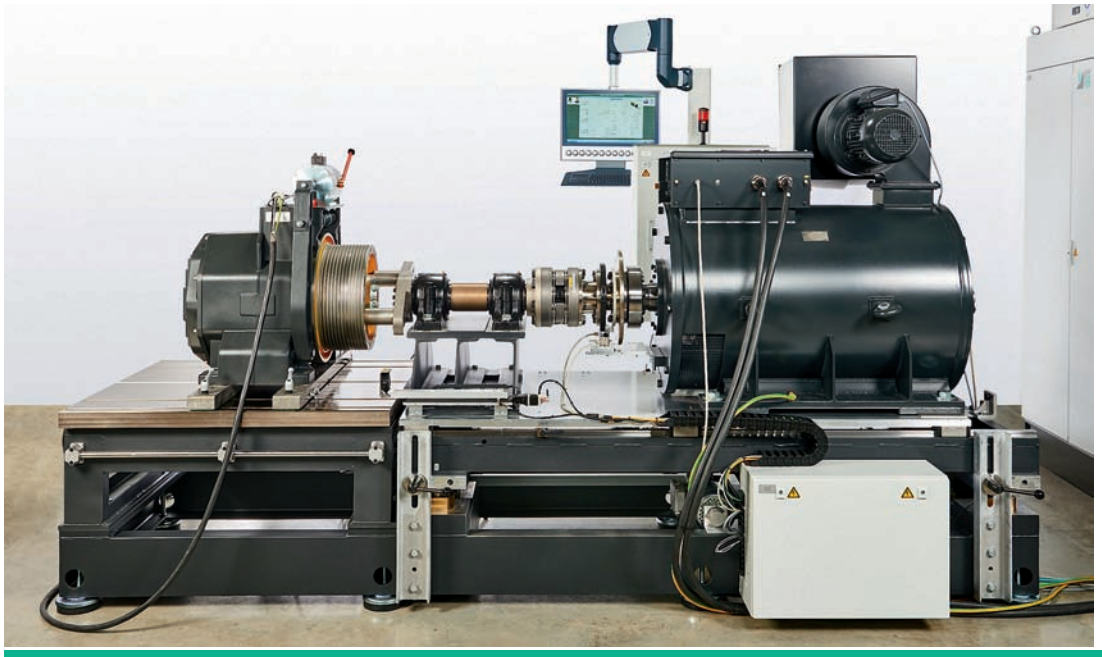
Dieser Fehler verfälscht den tatsächlichen Wirkungsgrad bzw. das Prüfergebnis. Das mechanische Konzept für die Ausrichtung der Wellenverbindung muss einfach und reproduzierbar sein.

Langjährige Erfahrungen

Langjährigen Erfahrungen von Vogelsang & Benning auf dem Sektor der Elektromotorenprüfung tragen allen diesen Anforderungen Rechnung.

Ein ausgefeiltes Softwarekonzept mit den notwendigen Auswertungen und Protokollen gibt dem Hersteller der Elektromotoren eine leistungsfähige Prüfausrüstung an die Hand.

So können für die zu prüfenden Motoren zuverlässige und reproduzierbare Messergebnisse erzielt werden und die Klassifizierung der Elektromotoren durchgeführt werden.



Prüfstand mit Belastungseinrichtung; Prüflingsadaption erfolgt über höhenverstellbaren Hubtisch mit Spannplatte.

Vogelsang & Benning GmbH

Hansastraße 92
D-44866 Bochum

Postfach 60 02 62
D-44842 Bochum

Tel. +49 (0) 2327 - 547-0
Fax +49 (0) 2327 - 547-100

info@vogelsangbenning.de
www.vogelsangbenning.de

VOGELSANG
& BENNING