

Beschreibung zum Projektierungstool V06

Schritt 1: Zusammenstellung der erforderlichen technischen Daten aus den Datenblättern

Die erforderlichen Werte werden aus dem Datenblatt entnommen. Die restlichen Werte werden berechnet. Die dazu erforderlichen Formeln sind im Folgenden angegeben. Hier als Beispiel ein Schleifringläufermotor von VEM für ein Kranhubwerk im BGH Freital mit einem 22kW-VEM-Asynchronmotor mit Schleifringläufer, Typ SPH 225.

Das Motordatenblatt ist als Anhang auszugsweise beigefügt. Für die Krananwendung wird S3 mit einem ED von 25% zugrunde gelegt.

Daten des Schleifringläufer-Motors Typ VEM SPH 225 M8 B HW			Bemerkung
U _n	400	V	Bemessungsspannung des Motors
I _n	74	A	Bemessungsstrom des Motors
n _n	725	1/min	Nenn Drehzahl des Motors
P _n	36	kW	Bemessungsleistung des Motors
M _k /M _n	2,1		Rel. Kippmoment
I ₂	111	A	Läuferstrom
k	1,04	Ohm/Phase	Läuferkennzahl
k		Ohm/Phase	Alternativ kann die Läuferkennzahl aus der Läuferstillstandsspannung U ₂₀ und dem Läuferstrom berechnet werden, siehe Formel 1
n ₀	750	1/min	synchrone Drehzahl
U ₂₀	200	V	Läuferstillstandsspannung
U ₂₀	200	V	Alternativ kann die Läuferstillstandsspannung aus der Läuferkennzahl k berechnet werden, siehe Formel 2
R ₂	0,0218	Ohm	Rotorwiderstand (Strangwiderstand der in Stern geschalteten Läuferwicklung)
M _n	474	Nm	Bemessungsmoment, siehe Formel 3,
M _k	996	Nm	Kippmoment
S _n	0,033	%	Nennschlupf, siehe Formel 4
S _k	0,132	%	Der Kippschlupf berechnet sich mit guter Näherung (unter Vernachlässigung von R ₁) nach Formel 5

$$K = \frac{U_{20}}{I_2 \sqrt{3}} \quad (1)$$

$$U_{20} = K I_2 \sqrt{3} \quad (2)$$

$$Mn = \frac{P_n}{n_n} 9550 \quad \text{oder} \quad Mn = \frac{P_n}{0,105 n_n} \quad (3)$$

M in Nm, P in W, n in umdr/min

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} \quad (4)$$

Aus der Umstellung der Kloßschen Formel:

$$M/M_k = \frac{2}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}$$

Erhält man:

$$s_k = s_n \left(\frac{M_k}{M_n} \right) + \sqrt{\left(\frac{M_k}{M_n} \right)^2 - 1} \quad (5)$$

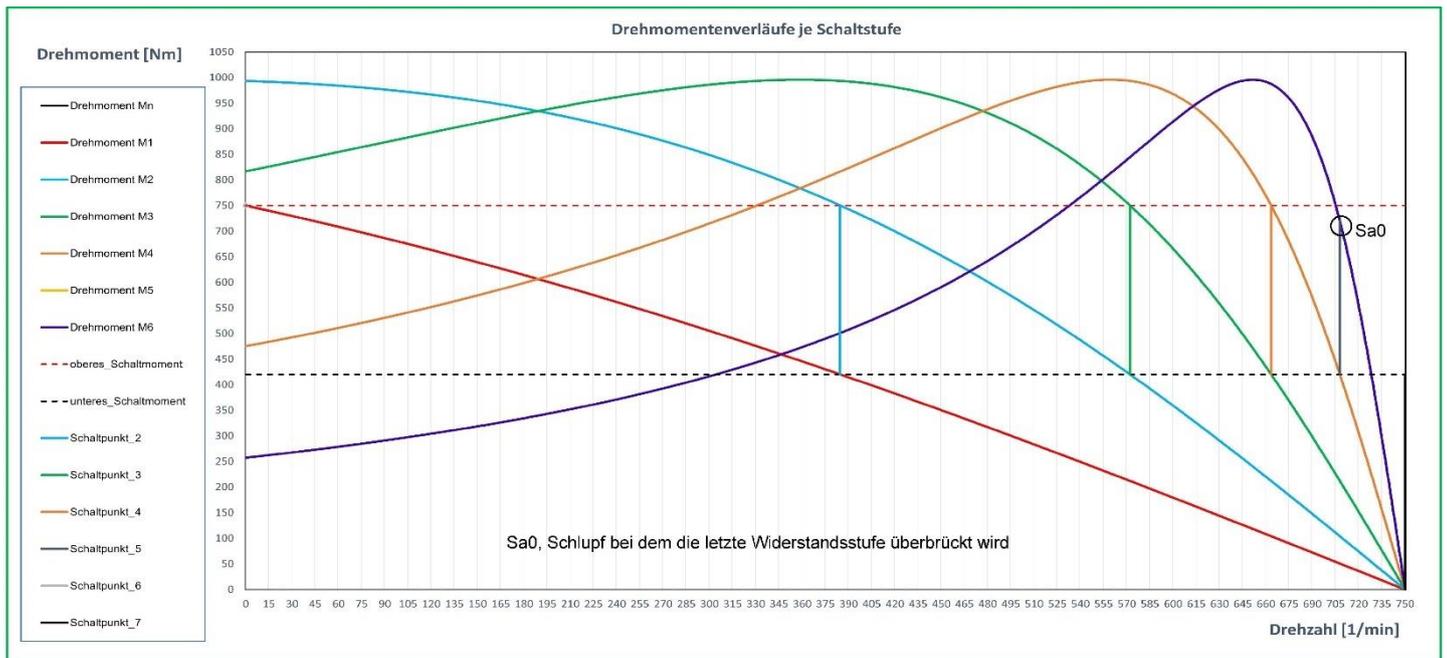
Schritt 2: Lastmoment und gewünschtes Beschleunigungsverhalten beim Hochlauf des Antriebs

Schleifringläufermotoren werden für Antriebe mit großen Anlaufmomenten bei gleichzeitiger Begrenzung der Anlaufströme eingesetzt. Einerseits soll der Motorstrom während des Anlaufs auf einen Maximalwert begrenzt werden (und der zugehörige Maximal-Schlupf) und andererseits soll während des Hochlaufs ein minimales Beschleunigungsmoment (und der zugehörige Minimalschlupf bei dem in die nächste Stufe umgeschaltet werden muß) nicht unterschritten werden. Vorteil: Ein beträchtlicher Teil der Anlaufverluste fällt nicht im Läufer an, sondern in den Anlaßwiderständen. Der Anlaßwiderstand kann so dimensioniert werden, daß der Motor mit seinem Kippmoment anläuft. Der dafür erforderliche Läuferzusatzwiderstand berechnet sich nach Formel 6:

$$R_{2z} = \left(\frac{1}{s_k} - 1 \right) R_2 \quad (6)$$

Bei der Festlegung der des Schaltmomentes (Umschalten von einer Anlaßstufe in die nächste Stufe) ist zu beachten, daß das Schaltmoment größer als das Lastmoment sein muß, da der Antrieb sonst beim Hochlauf „hängenbleibt“.

M _{last}	370	Nm	Lastmomentmoment. Bei vielen Anlagen ist der Drehmomentenbedarf geschwindigkeitsabhängig (z.B. bei Mühlen und Extrudern) oder beladungsabhängig (z.B. bei langen Förderbändern im Tagebaubereich). Hebezeuge haben einen drehzahlunabhängigen Drehmomentenbedarf. Bei BGH wurde das Lastmoment bei Bemessungskranlast verwendet.



n	3,91 5	Stk	rechnerisch ermittelte Zahl der Anlaßstufen, siehe Formel 9
z	4	Stk	Die zu verwendende Stufenzahl ergibt sich durch das Aufrunden
R1	0,34	Ohm	wirksamer Anlaßwiderstand in der 1. Stufe - alle Stufenwiderstände sind in den Läuferkreis eingeschaltet.
R2	0,16	Ohm	wirksamer Anlaßwiderstand der 2. Stufe -R2V1 ist überbrückt
R3	0,06	Ohm	wirksamer Anlaßwiderstand der 3. Stufe -R2V1 und R2V2 sind überbrückt
R4	0,02	Ohm	wirksamer Anlaßwiderstand der 4. Stufe- R2V1 bis R2V3 sind überbrückt
R2v1	0,19	Ohm	erster Läuferwiderstand
R2v2	0,09	Ohm	zweiter Läuferwiderstand
R2v3	0,04	Ohm	dritter Läuferwiderstand
R2v4	0,02	Ohm	vierter Läuferwiderstand
Sa2	0,48 7	%	Anfangsschlupf der 2. Stufe, Formel 11
Sa3	0,23 7	%	Anfangsschlupf der 3. Stufe
Sa4	0,11 5	%	Anfangsschlupf der 4. Stufe
f	1,23	Verhältnis	Anlaßschwere als Verhältnis des mittleren Anlaufmomentes zum Bemessungsmoment

$$n = \frac{\lg S_{min}}{\lg (S_{min}/S_{max})} - 1 \quad (9)$$

Sa0 0,0562 % Schlupf bei dem die letzte Widerstandsstufe überbrückt wird: Siehe Kurven, AO7

Bei langen Bändern z.B. im Tagebau treten starke Änderungen der Bandbelastung und damit des Lastmomentes beim Anlauf auf.

Die Anlaßstufen sollten dann nicht zeitgesteuert, sondern bei Erreichen des Anfangsschlupfes geschaltet werden.

Die Umschaltung in die nächste Stufe muß beim Erreichen des Anfangsschlupfes erfolgen. Der Anfangsschlupf der k-ten Stufe ist:

$$S_{ak} = \left(S_{min} / S_{max} \right)^{k-1} \quad (11)$$

Schritt 4: Dimensionierung der Widerstandsstufen

J	2,7	kgm ²	das gesamte Trägheitsmoment (Motor, Getriebe, Arbeitsmaschine) auf die Motorwelle bezogen
ta	0,99	sec	Anlaßzeit gesamt. Für ein zeitabhängige Schalten der einzelnen Widerstandsstufen:
t1	0,51	sec	Einschaltzeit der 1. Stufe (Formel 12)
t2	0,25	sec	Einschaltzeit der 2. Stufe
t3	0,12	sec	Einschaltzeit der 3. Stufe
t4	0,11	sec	Einschaltzeit der 4. Stufe
z	120	Anzahl/h	Anlaßzahl. Die Anzahl der bis zum Erreichen der zulässigen Erwärmung nacheinander möglichen Anlaßvorgänge, wenn dazwischen eine Pause von 2xta bleibt
W	1317,7	kJ	Anlaßarbeit: Im Anlasser umgesetzte Wärme bei z Anläufen
Pv	11,1	kW	Verlustleistung im Anlasser

$$t_k = J \frac{2\pi n}{M_b} \quad (12)$$

$$W = t_a z (f I_{20})^2 R_1 \sqrt{3} \quad (13)$$

Anhang

Drehstrommotoren mit Schleifringläufer, Niederspannungsausführung Betriebsart S3, Aussetzbetrieb

Typ	SPH 225 M8 B HW				
Bemessungsleistung	[kW]	36	32	25	22
Betriebsart	S3-25/40/60/100% ED				
Wirkungsgradbestimmung	[-]	EN 60034-2			
Bemessungsfrequenz	[Hz]	50			
Bemessungsdrehzahl	[min ⁻¹]	725	725	730	735
Max. Drehzahl	[min ⁻¹]	1875			
Statorspannung	[V]	400			
Statorschaltung	[-]	D			
Statorstrom	[A]	74.0	66.5	54.5	50.5
Leistungsfaktor	[-]	0,8	0,79	0,75	0,72
Wirkungsgrad	[%]	88	88	88	88
rel. Kippmoment	[-]	2,1	2,3	3	3,4
Rotorspannung	[V]	200			
Rotorschaltung	[-]	Y			
Rotorstrom	[A]	111	99	77	68
Rotorwiderstand	[Ω]	0,0218			
Läuferkennzahl K	[-]	1,04	1,17	1,5	1,7
Th. Kl.		155(F/B)			
Kühlmitteltemperatur	[°C]	-20°C...+40°C			
Aufstellungshöhe	[m]	1000m			
Schutzart IP		IP54			
Trägheitsmoment	[kgm ²]	0,99			

Für die schweren Anlaufbedingungen bei Mühlen und Brechern unter Vollast und für Ventilatoren mit sehr großen Massenträgheitsmomenten werden nach wie vor Asynchronmotoren mit Schleifringläufern eingesetzt. Das Anlaufmoment kann durch entsprechende Auslegung des Widerstandsanlassers bis zum Kippmoment betragen, wobei der aufgenommene Strom dem Anlaufmoment entspricht und nicht, wie bei einem direkt anlaufenden Asynchronmotor, dem 6 bis 8 fachen des Nennstromes. Die Kühlung großer ASM mit SL erfolgt vorrangig mit Luft-Luft- bzw. Luft- Wasser-Wärmetauschern und separater Belüftung des Schleifringraumes.

Für interessierte Fachleute, Studenten und Auszubildende haben wir das Berechnungstool V4 auf Excel-Basis für den Anlasswiderstand eines Stufenanlassers bereitgestellt. Es wurde zusammen mit BGH Freital überarbeitet und dort für Kranhubwerke eingesetzt.

Einsatzbereich des Schleifringläufermotors:

Vor allem im Hochleistungsbereich kommen die Vorteile von hohem Anlaufdrehmoment und niedrigem Anlaufstrom zum Tragen. Deshalb gelten Schleifringläufermotoren in schwachen Stromnetzen auch heute noch als kostengünstige Antriebslösung. Der Einsatz erfolgt dabei vorrangig bei Arbeitsmaschinen mit großen Trägheits- oder Gegenmomenten. Die Vorteile von Schleifringläufermotoren zeigen sich vor allem bei MS-Motoren ab 630 kW.

Eingesetzt werden Schleifringläufermotoren z.B. bei Antrieben von Mühlen und Brechern, Antrieben mit Voll- oder Schwerlastlauf, Doppelt gespeiste Generatoren, Großen Ventilatoren und Pumpen, Kranapplikationen

Vor- und Nachteile von Schleifringläufermotoren:

Schleifringläufermotoren haben folgende Vorteile: Einstellbares und hohes Anlaufdrehmoment, einfache Steuerung der Umschalt-Drehzahlen beim Anlauf, dem Anlaufmoment entsprechender Anlaufstrom, Dauerschleifstufe möglich

Natürlich gibt es auch Nachteile: Erhöhter Wartungsaufwand, für Kurzzeitbetrieb nicht geeignet, für drehzahlgeregelte Antriebe nicht geeignet, dort ist ein umrichter gespeister ASM-KL besser.



Klassischer Hubwerksantrieb mit Schleifringläufermotor mit elektrohydraulischer Bremse, Vorgelege, Getriebe und zwei Seiltrommeln. Im Einsatz als Hüttenkran 143 bei BGH.

Literaturhinweise

J. Vogel: Grundlagen der elektrischen Antriebstechnik mit Berechnungsbeispielen

Bederke, Ptasek, Rothenbach, Vaske: Elektrische Antriebe und Steuerungen

Sellin: Anlasserberechnung für einen Drehstrom-Schleifring-Motor

R. Mansius: Praxishandbuch Antriebsauslegung

Bei Fragen oder Interesse am Excel- Projektierungstool kontaktieren Sie bitte:

Frau Kathrin Breiting | Assistentin der Geschäftsführung

Dr. Ecklebe Engineering GmbH

Brockenblick 29

D-38855 Wernigerode OT Reddeber

Telefon +49 (0) 3943 5606-46

E-Mail kbreiting@ecklebe-engineering.com

http www.ecklebe-engineering.com

wir danken für die freundliche Unterstützung durch:

Hr. Stephan Kronenberger

Instandhaltung SWA

Telefon +49(0)351 646 2624

Mobil +49(0)151 587 586 89

stephan.kronenberger@bgh.de

<http://www.bgh.de>

BGH Edelstahl Freital GmbH
Am Stahlwerk 1, 01705 Freital



Hinweis:

Wir übernehmen keinerlei Haftung für Fehler im Excel-Tool oder Fehler bei der Nutzung des Tools. Das Tool ist nicht für kommerzielle Nutzung bestimmt.

Die Weitergabe an Dritte bedarf unserer ausdrücklichen Genehmigung.

17.05.2023