SCHAEFFLER

Torquemotoren

RIB

Katalog

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... 5

1 Technische Grundlagen ... 6

1.1 Erläuterungen ... 6

1.2 Vorteile von Torquemotoren ... 7
1.2.1 Leistungsvermögen ... 7
1.2.2 Betriebskosten ... 7
1.2.3 Konstruktion ... 8

1.3 Charakteristik von Torquemotoren ... 8

1.4 Allgemeine Motorkennwerte ... 9
1.4.1 Effizienzkriterien ... 9
1.4.2 Wicklungsausführungen und Abhängigkeiten ... 10
1.4.3 Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie ... 11
1.4.4 Drehmoment-Strom-Kennlinie ... 12

1.5 Thermischer Motorschutz ... 13
1.5.1 Überwachungskreise I und II ... 13
1.5.2 Überwachungskreis I ... 13
1.5.3 Überwachungskreis II ... 14

1.6 Elektrische Anschlusstechnik ... 16
1.6.1 Standard-Kabelanschlüsse ... 16
1.6.2 Positive Drehrichtung des Motors ... 17
1.6.3 Kommutierung ... 17
1.6.4 Isolationsfestigkeit und Überspannungsphänomene ... 17

1.7 Kühlung und Kühlkreislauf ... 19
1.7.1 Verlustleistung und Verlustwärme ... 19
1.7.2 Abhängigkeit der Nenndaten von der Vorlauftemperatur und dem Kühlmedium ... 20

1.8 Anordnung von Motoren ... 21
1.8.1 Parallelbetrieb mehrerer Motoren auf einer Achse ... 21
1.8.2 Anordnung der Motoren ... 21

1.9 Parallelbetrieb mehrerer Motoren auf einer Achse ... 23
1.9.1 Verschiebung des Kabelabgangs ... 23
1.9.2 Einstellung der Phasengleichheit ... 24
1.9.3 Auswertung der Temperatursensorik ... 24
1.9.4 Resultierende Motordaten ... 25

1.10 Auswahl von Direktantrieben für rotative Anwendungen ... 25
1.10.1 Taktanwendungen ... 25
1.10.2 Beispiel Taktanwendungen ... 29
1.10.3 NC-Rundtischanwendungen ... 31
1.10.4 Beispiel NC-Rundtischanwendungen ... 31

2 Torquemotoren ... 33

2.1 Typenschlüssel ... 34

2.2 Produkttabellen ... 35
2.2.1 Erläuterungen ... 35
2.2.2 RIB11-3P-89xH Geometrische Daten ... 36
2.2.3 RIB11-3P-89xH Leistungsdaten ... 38
2.2.4 RIB11-3P-120xH Geometrische Daten ... 40
2.2.5 RIB11-3P-120xH Leistungsdaten ... 42
2.2.6 RIB17-3P-168xH Geometrische Daten ... 44
2.2.7 RIB17-3P-168xH Leistungsdaten ... 46

2.2.8 RIB11-3P-230xH Geometrische Daten ... 48
2.2.9 RIB11-3P-230xH Leistungsdaten ... 50
2.2.10 RIB13-3P-298xH Geometrische Daten ... 52
2.2.11 RIB13-3P-298xH Leistungsdaten ... 54
2.2.12 RIB11-3P-384xH Geometrische Daten ... 56
2.2.13 RIB11-3P-384xH Leistungsdaten ... 58
2.2.14 RIB19-3P-460xH Geometrische Daten ... 60
2.2.15 RIB19-3P-460xH Leistungsdaten ... 62
2.2.16 RIB13-3P-690xH Geometrische Daten ... 64
2.2.17 RIB13-3P-690xH Leistungsdaten ... 66
2.3 Checkliste für Ihre Anfrage ... 68

Glossar ... 70

Vorwort

Im thüringischen Suhl entwickelt Schaeffler mit rund 160 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für die Industrie anspruchsvollste Direktantriebe, sowohl rotative als auch lineare.

Unsere Torquemotoren-Baureihen haben wir in jahrelanger Entwicklungsarbeit bis an das physikalisch Machbare und wirtschaftlich Sinnvolle optimiert. Aufwendige mechanische und thermische Simulationen des Motors aber auch der Wälzlagerung, die Auslegung des Magnetkreises und des Kühlkreises sowie die Magnetsimulation sind unsere Werkzeuge zur Optimierung und Weiterentwicklung. Jede unserer Torquemotoren-Baureihen verfügt über eine bestimmte Kombination an herausragenden Eigenschaften, wie beispielsweise hohe Drehmomentdichte, höchste Drehzahlen, hervorragender Gleichlauf, verlustleistungsoptimiert usw. Dadurch können wir praktisch alle Anwendungen im Bereich der Direktantriebe abdecken.

Findet sich in unserem Baukasten doch einmal kein passender Motor, so entwickeln wir kundenspezifisch Ihr High-End-Positionier- und Antriebssystem. Schaeffler ist wie kein anderes Unternehmen am Markt in der Lage, auf Basis Ihrer Vorgaben die optimale Motortopologie zu bestimmen und einen Antrieb auf höchstem Niveau zu entwickeln. Da ein Torquemotor und dessen Lagerung in enger Wechselwirkung zueinander stehen, profitieren Sie von unserer Expertise auf dem Gebiet der Wälzlagerung in besonderer Weise. Nicht zuletzt deshalb bieten wir für unsere Torquemotoren auch auf den jeweiligen Maschinentyp spezialisierte Wälzlagerungen an.

Dieser Katalog „Torquemotoren“ bietet Ihnen eine detaillierte Übersicht auf unser Portfolio an rotativen Direktantrieben, deren Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten. Kunden vertrauen Direktantrieben von Schaeffler besonders in den Branchen Werkzeugmaschinen, Medizintechnik, Automation, Robotik, Nahrungsmittel, Verpackung, Druckmaschinen, Textilmaschinen, Productronic sowie Messtechnik.

1 Technische Grundlagen

1.1 Erläuterungen

I	A	Motorstrom
$I_{c\ eff}$	A	effektiver Nennstrom ungekühlt
$I_{c\ red}$	A	reduzierter Nennstrom
$I_{cw\ eff}$	A	effektiver Nennstrom gekühlt
$I_{p\ eff}$	A	effektiver Spitzenstrom
$I_{pl\ eff}$	A	effektiver Spitzenstrom linearer Bereich
$I_{u\ eff}$	A	effektiver Grenzstrom
J	$kg \cdot m^2$	Massenträgheitsmoment
k_m	Nm/√W	Motorkonstante
k_T	Nm/A	Momentenkonstante
n	min^{-1}	Drehzahl
n_{lc}	min^{-1}	Grenzdrehzahl bei $I_{c\ eff}$ und U_{DCL}
n_{lp}	min^{-1}	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}
n_{lw}	min^{-1}	Eckdrehzahl
n_{lwS1}	min^{-1}	Nenndrehzahl (S1) gekühlt
n_{max}	min^{-1}	max. Drehzahl
P_l	W	Verlustleistung
R	Ω	elektrischer Widerstand
t	s	Zeit
T	Nm	Drehmoment
t_b	s	Pausenzeit
T_c	Nm	Nennmoment ungekühlt
T_{cw}	Nm	Nennmoment gekühlt
T_{eff}	Nm	effektives Drehmoment
T_F	Nm	Lagerreibmoment
t_m	s	Bewegungszeit
T_{max}	Nm	max. Drehmoment
T_p	Nm	Spitzenmoment
T_{pl}	Nm	Spitzenmoment linearer Bereich
T_{sw}	Nm	Stillstandsmoment gekühlt
T_u	Nm	Grenzmoment
T_W	Nm	Bearbeitungsmoment
T_Z	Nm	Gewichtskraft (Zusatzmoment)
U_{DCL}	V	Zwischenkreisspannung
α	rad/s^2	Winkelbeschleunigung
α_{max}	rad/s^2	max. Winkelbeschleunigung
α_{S1}	rad/s^2	Winkelbeschleunigung S1-Betrieb
ϑ	°C	Temperatur
ϑ_f	°C	aktuelle Vorlauftemperatur
ϑ_{max}	°C	max. zulässige Wicklungstemperatur
ϑ_n	°C	Nenn-Ansprechtemperatur
ϑ_{nf}	°C	Nenn-Vorlauftemperatur
ϕ	°	Bewegungswinkel
ω	rad/s	Winkelgeschwindigkeit
ω_{max}	rad/s	max. Winkelgeschwindigkeit

1.2 Vorteile von Torquemotoren

1.2.1 Leistungsvermögen

Keine Wandlung der Bewegungsform

Im Antriebsstrang sind keine Elastizität, kein Spiel, keine Reibung und keine Hysterese vorhanden, die jeweils durch Übertragungsglieder und Koppelglieder entstehen.

Hochpoliger Motor

Der hochpolige Aufbau ermöglicht sehr hohe Drehmomente. Die Drehmomente können von der Drehzahl > 0 bis zur Nenndrehzahl genutzt werden.

Dünnes ringförmiges Sekundärteil

Der dünne, ringförmige Aufbau mit großem freien Innendurchmesser reduziert die Eigenträgheit des Motors und ermöglicht ein hohes Beschleunigungsvermögen.

Direkte Positionsmessung

Die direkte Positionsmessung und der steife mechanische Aufbau ermöglichen hochgenaue, dynamische Positioniervorgänge.

Steuerungskompatibilität

Torquemotoren von Schaeffler Industrial Drives können mit allen marktbekannten Steuerungen betrieben werden.

1.2.2 Betriebskosten

Keine zusätzlichen bewegten Teile

Der Montageaufwand, Justageaufwand und Wartungsaufwand der Antriebsbaugruppe werden reduziert.

Geringster Verschleiß im Antriebsstrang

Der Antriebsstrang ist selbst bei höchsten Wechselbelastungen extrem langlebig. Die Maschinenstillstandszeit wird reduziert.

Hohe Verfügbarkeit

Neben der erhöhten Lebensdauer und dem reduzierten Verschleiß erhöht die Robustheit der Torquemotoren die Verfügbarkeit der gesamten Maschine.

Energieeffizienz

Die Wärme wird auf ein Minimum reduziert und dadurch wird Energie im Umrichter und Rückkühler gespart.

1.2.3 Konstruktion

Hohlwelle

Die Hohlwelle mit großem Durchmesser ermöglicht die Integration oder Durchführung anderer Baugruppen, z. B. Wellen, Drehverteiler und Medienzuführung. Lagerebene, Krafterzeugung und Wirkstelle können sehr nah beieinander liegen.

Montage Primärteil

Der geringe Platzbedarf erleichtert die Integration des Primärteilrings in die Maschinenkonstruktion.

Geringe Bauhöhe

Der große freie Innendurchmesser der Hohlwelle ermöglicht eine sehr kompakte und axial kurze Konstruktion bei hohem Drehmoment.

Wenige Bauteile

Eine ausgereifte Konstruktion erleichtert die Einbindung der Motorteile in das Maschinenkonzept. Die geringe Anzahl und die Robustheit der Teile senken die Ausfallrate und erhöhen die mittlere Fehlerausfallzeit (mean time between failures).

1.3 Charakteristik von Torquemotoren

Torquemotoren bestehen aus einem Primärteil und einem Sekundärteil. Das Primärteil enthält ein aktives Spulensystem. Das Sekundärteil enthält ein Dauermagnetsystem. In konzentrischer Anordnung kann das Sekundärteil entweder der innere Ring (Innenläufermotor) oder der äußere Ring (Außenläufermotor) sein. Wird das Primärteil bestromt, entwickelt sich infolge der elektromagnetischen Kraft ein Drehmoment zum Sekundärteil.

Für den Betrieb des Motors sind ein geeignetes Lagerkonzept für die Erhaltung des Luftspalts zwischen Primärteil und Sekundärteil und ein Winkelmesssystem zur Erfassung der Position des Sekundärteils erforderlich. Die Motorbaureihen werden gemäß den Anforderungen ausgelegt. Die Motorbaureihen unterscheiden sich aufgrund der physikalischen und konstruktiven Anordnungen in ihrer Bauform bei Primärteil und Sekundärteil.

Der Aufbau der Torquemotoren unterscheidet sich nach genuteter, nutenloser und eisenloser Konstruktion. Weitere Unterscheidungen sind z. B. nach Position und Aufbau des Sekundärteils in Innenläufer und Außenläufer oder nach Magnetsystemen, wie Oberflächenmagnete und vergrabene Magnete (Magnete in Blechtaschen). Die Motoren entwickeln über einen breiten Drehzahlbereich ein gleichmäßig hohes Drehmoment. Das Drehmoment wird durch die aktive Luftspaltfläche zwischen Primärteil und Sekundärteil sowie durch den Aufbau bestimmt. Entsprechend den Leistungsanforderungen müssen die Motorbaugruppen vom Konstrukteur ausgewählt werden. Entgegen konventionellen Elektromotoren werden Torquemotoren nach dem notwendigen Drehmoment und nicht nach der Leistung klassifiziert.

1 Charakteristik Torquemotoren

Motorbau-reihe	Merkmale	Design
RIB ➤33|2	Innenläufer mit hoher Drehmomentdichte • Ø bis 1030 mm • T_p bis 40000 Nm • bis 10 m/s Umfangsgeschwindigkeit • geringes Rastmoment	

1.4 Allgemeine Motorkennwerte

1.4.1 Effizienzkriterien

Bei Torquemotoren sind Verlustleistungen in Abhängigkeit von Wicklung und Baugröße in den Leistungsdaten vermerkt ➤35|2.2. Torquemotoren erzeugen im Stand zwar ein hohes Drehmoment, geben aber keine mechanische Leistung ab. Die Angabe des Wirkungsgrads ist deshalb nicht sinnvoll.

Zum Effizienzvergleich kann jedoch die Motorkonstante k_m herangezogen werden. Die Motorkonstante k_m definiert das Verhältnis von Drehmoment und dabei erzeugter Verlustleistung bzw. Erwärmung. Außerdem gilt die Motorkonstante k_m für den linearen Aussteuerbereich exakt im Stand und bei geringen Drehzahlen sowie bei Raumtemperatur.

Bei Erwärmung des Motors verringert sich dessen Effizienz durch Erhöhung des Wicklungswiderstands. Mit steigenden Drehzahlen kommen zu den Kupferverlusten noch Eisenverluste in Form von frequenzabhängigen Ummagnetisierungsverlusten und Wirbelstromverlusten hinzu. Diese sind zwar nicht in der Motorkonstante k_m erfasst, jedoch im Grenzdrehzahlbereich relevant und daher zu beachten. Die Motorkonstante k_m bezieht sich nur auf den linearen Bereich der Drehmoment-Strom-Kennlinie ➤12|1.4.4.

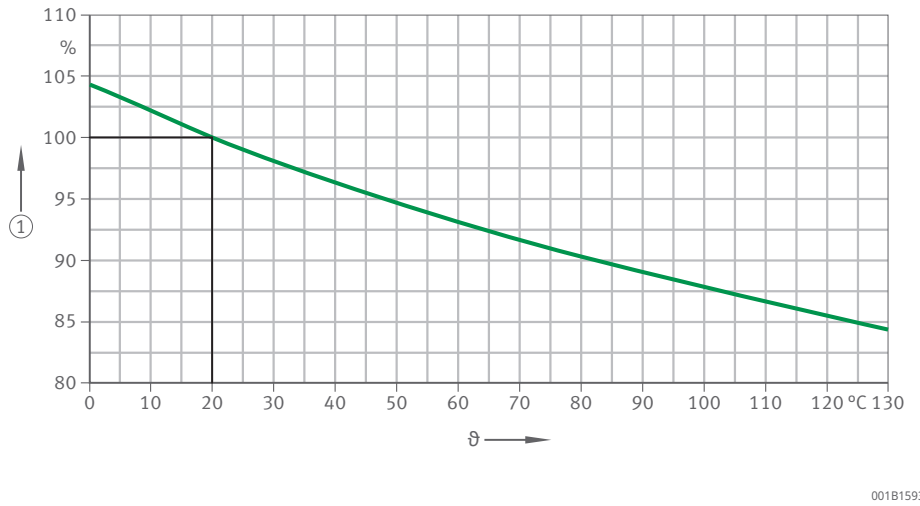
1 Verlustleistung

$$P_l = \left(\frac{T}{k_m}\right)^2$$

P_l	W	Verlustleistung
T	Nm	Drehmoment
k_m	Nm/√W	Motorkonstante

Die Motorkonstante k_m hängt vom ohmschen Widerstand und somit von der Wicklungstemperatur eines Motors ab. In den Leistungsdaten ist die Motorkonstante k_m für +20 °C angegeben. Die Kennlinie zeigt die Motorkonstante in Abhängigkeit zur Temperatur.

1 Motorkonstante k_m abhängig von Temperatur ϑ



1	Bezogene Motorkonstante	ϑ	Temperatur

Thermisches Verhalten

Durch eine Temperaturerhöhung steigt der Wicklungswiderstand an und bewirkt ein Sinken der Motorkonstante k_m. Bei +130 °C sinkt die Motorkonstante k_m auf den 0,85-fachen Wert. Bei konstantem Strom bzw. Drehmoment wird im erwärmten Motor gegenüber dem kalten Motor eine höhere Verlustleistung erzeugt und diese Verlustleistung führt zu einer noch höheren Motortemperatur.

1.4.2 Wicklungsausführungen und Abhängigkeiten

Die erreichbaren Drehzahlen jedes Torquemotors hängen neben der Baureihe und der Baugröße im Wesentlichen von der Zwischenkreisspannung und der Wicklungsausführung ab. Motorinterne Spannungsabfälle erhöhen mit steigender Drehzahl den Spannungsbedarf. Bei der in den RIB-Leistungsdaten angegebenen Eckdrehzahl entspricht der Spannungsbedarf der Zwischenkreisspannung des Servoumrichters bei feldorientierter Regelung. Danach fällt die Drehzahl schnell ab. Je höher die Zwischenkreisspannung ist und je kleiner die wicklungsbedingten Spannungskonstanten $k_{\hat{u}}$ sind, umso höher sind die erreichbaren Grenzdrehzahlen. Da Spannungskonstante und Drehmomentkonstante korrelieren, steigt mit höheren Drehzahlforderungen bei gleichen Drehmomenten der Strombedarf des Motors. In den Leistungsdaten der RIB-Motoren sind je Motorgröße ein oder mehrere Standardwicklungen für verschiedene Grenzdrehzahlen und Dynamikanforderungen bei einer fixen Zwischenkreisspannung U_{DCL} vordefiniert ➤35|2.2. Bei geringeren Zwischenkreisspannungen verringert sich die Grenzdrehzahl annähernd proportional. Aus der Drehmoment-Strom-Kennlinie geht das Drehmoment in verschiedenen Arbeitspunkten hervor. Die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinien stellen den Zusammenhang zwischen Drehmoment und Drehzahl in verschiedenen Arbeitspunkten dar. Die Kennlinien sind in Datenblattform über die Anwendungsingenieure sowie den Vertrieb von Schaeffler Industrial Drives erhältlich.

Kontaktieren Sie hierzu: sales-sid@schaeffler.com

1.4.3 Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie

Die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie zeigt die wicklungsspezifischen Drehzahllimits in Abhängigkeit des Drehmoments bei konstanter Zwischenkreisspannung ohne Feldschwächung. Die Kennlinie beschreibt nicht die Einschaltdauer und das zugehörige thermische Verhalten des Motors. Die Kennlinie stellt lediglich den Bereich dar, den der Motor bei +20 °C Wicklungstemperatur anfahren kann.

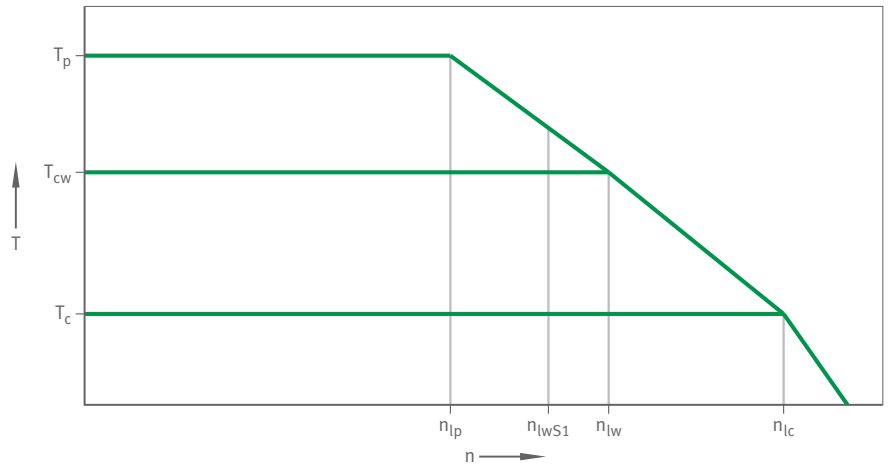
Arbeitspunkte bei Drehmomenten größer T_{cw} unterliegen zeitlichen Einschränkungen, um das Primärteil nicht zu überhitzen. Bei der Nutzung von T_u kann es bei einer zu hohen Ausgangstemperatur des Sekundärteils zur Entmagnetisierung kommen.

Bei Drehzahlen größer als n_{lwS1} machen für den Dauerbetrieb zusätzliche frequenzabhängige Verluste eine zeitliche Einschränkung oder eine Absenkung des Stroms nötig.

Die Grenzdrehzahl n_{lc} bei $I_{c\ eff}$ und T_c ist für das Verständnis der Kennlinie wichtig, wird aber aufgrund geringer Relevanz in den Leistungsdaten nicht angegeben.

Weitere Informationen zu den entsprechenden Drehzahllimits sowie den Betriebsbedingungen der entsprechenden Drehmomente sind im Glossar zu finden ➤70|.

2 Drehmoment abhängig von Drehzahl ohne Feldschwächung bei konstanter Zwischenkreisspannung



n	Drehzahl	T	Drehmoment
T_p	Spitzenmoment	T_{cw}	Nennmoment gekühlt
T_c	Nennmoment ungekühlt	n_{lp}	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}
n_{lwS1}	Nenndrehzahl (S1) gekühlt	n_{lw}	Eckdrehzahl
n_{lc}	Grenzdrehzahl bei I_n und U_{DCL}		

Die wicklungsspezifischen Drehzahllimits sind zur Zwischenkreisspannung in etwa proportional.

n_{lwS1} kann in Abhängigkeit der Motorgröße und Wicklungsausführung auch dem Wert von n_{lw} entsprechen.

1.4.4 Drehmoment-Strom-Kennlinie

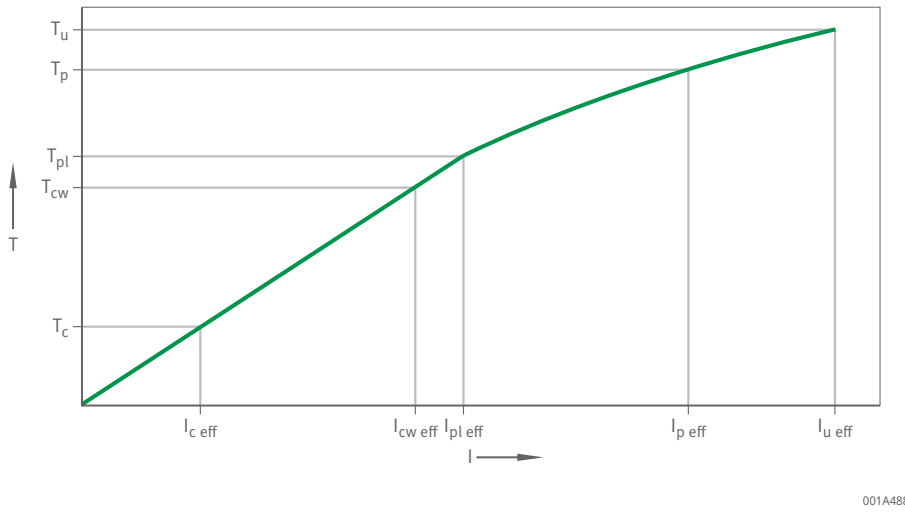
Torquemotoren weisen zwischen 0 A und dem linearen Grenzstrom $I_{pl\ eff}$ einen linearen Zusammenhang zwischen Motorstrom und erzeugtem Drehmoment auf. Das lineare Grenzdrehmoment T_{pl} ist die zugehörige Drehmomentgrenze zu $I_{pl\ eff}$. In diesem Bereich kann die Motorkonstante k_m zur Berechnung der Verlustleistung herangezogen werden. Die Momentenkonstante k_T stellt den Anstieg der Kennlinie dar. Die Momentenkonstante k_T dient in diesem Bereich zur Berechnung des Drehmoments anhand des Stroms oder umgekehrt.

Die Höhe des linearen Grenzstroms $I_{pl\ eff}$ ist thermisch unabhängig und kann je nach Baureihe und Wicklung oberhalb oder unterhalb des gekühlten Nennstroms $I_{cw\ eff}$ liegen.
Der lineare Grenzstrom $I_{pl\ eff}$ sowie das zugehörige lineare Grenzdrehmoment T_{pl} sind für das Verständnis der Kennlinie wichtig, werden aber aufgrund geringer Relevanz in den Leistungsdaten nicht angegeben.

Die Nichtlinearität der Drehmoment-Strom-Kennlinie für große Ströme entsteht infolge der Sättigung der magnetischen Kreise eines Motors. In den Leistungsdaten und in der unten abgebildeten Kennlinie beschreiben die Drehmoment-Strom-Punkte (T_p, $I_{p\ eff}$) und (T_u, $I_{u\ eff}$) den gekrümmten Kennlinienbereich. Der Kennlinienbereich besitzt einen veränderlichen, deutlich geringeren Anstieg als die Momentenkonstante k_T.

Der Motor kann kurzzeitig für einige Sekunden bis zum Arbeitspunkt (T_p, I_{eff}) betrieben werden. Bei Beschleunigungsvorgängen ist dies der max. Arbeitspunkt. Der Grenzpunkt (T_u, $I_{u\ eff}$) darf wegen Entmagnetisierungsgefahr der Permanentmagnete nicht überschritten werden.

3 Drehmoment abhängig von Motorstrom



T	Drehmoment	I	Motorstrom
T_u	Grenzmoment	T_p	Spitzenmoment
T_{pl}	Spitzenmoment linearer Bereich	T_{cw}	Nennmoment gekühlt
T_c	Nennmoment ungekühlt	$I_{c\ eff}$	Nennstrom ungekühlt
$I_{cw\ eff}$	Nennstrom gekühlt	$I_{pl\ eff}$	Spitzenstrom linearer Bereich
$I_{p\ eff}$	Spitzenstrom	$I_{u\ eff}$	Grenzstrom

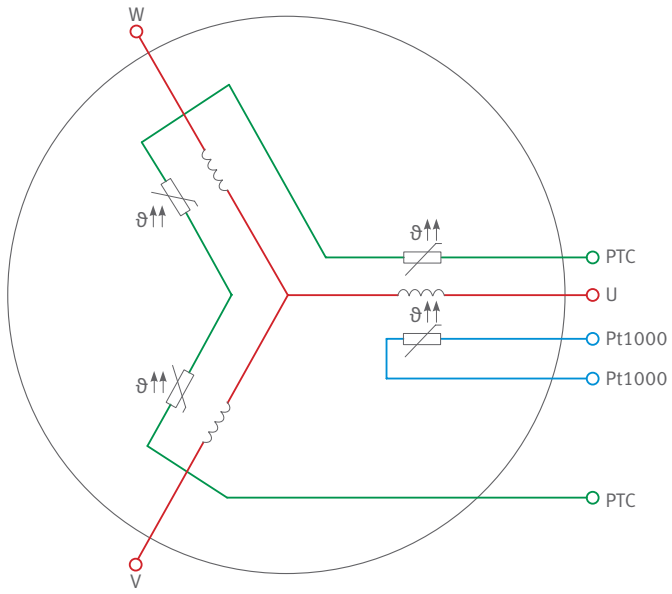
1.5 Thermischer Motorschutz

1.5.1 Überwachungskreise I und II

Direktantriebe werden häufig an ihrer thermischen Leistungsgrenze betrieben. Zudem können im Betrieb unvorhersehbare Überlastungen entstehen. Das hat zur Folge, dass eine zusätzliche Strombelastung oberhalb des zulässigen Nennstroms entsteht. Für kurzfristige Überbestromung sollte die Leistungselektronik einen Überlastschutz oder ein I^2t-Motorschutzmodell zur Kontrolle des Motorstroms aufweisen. Dabei darf der Effektivwert (quadratischer Mittelwert I^2t) des Motorstroms nicht den zulässigen Motornennstrom übersteigen. Diese Art der indirekten Temperaturüberwachung ist sehr schnell und zuverlässig. Der Anwender muss bei Inbetriebnahme des Motors sicherstellen, dass die I^2t-Überwachung stets eingeschaltet ist.

Motoren von Schaeffler Industrial Drives müssen durch Überwachung der Motortemperatur geschützt werden. In der Standardausführung befinden sich im Überwachungskreis I 3 in Reihe geschaltete PTC-Sensoren an den 3 Phasenwicklungen. Weiterhin ist im Überwachungskreis II ein Pt1000-Sensor an einer Phase im Motor enthalten. Dieser Sensor ermöglicht Vorwarnschwellen.

4 Standardverschaltung PTC-Drilling und Pt1000



Die PTC-Sensoren und Pt1000-Sensoren besitzen eine Basisisolation zum Motor. Die PTC-Sensoren eignen sich nicht für den direkten Anschluss an PELV-Stromkreise oder SELV-Stromkreise nach DIN EN 50178.

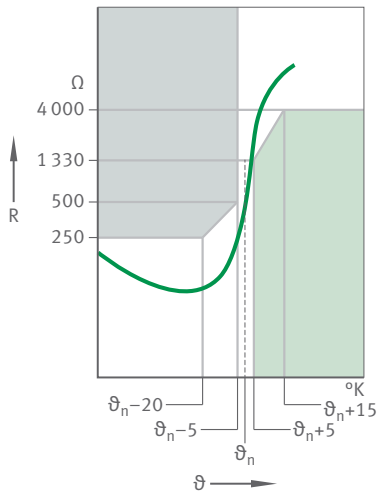
1.5.2 Überwachungskreis I

Ein PTC ist ein Kaltleiter. Die thermische Zeitkonstante eines PTC liegt im eingebauten Zustand unter 5 s. Im Unterschied zum Pt1000 steigt der Widerstand des PTC beim Überschreiten der Nennansprechtemperatur ϑ_n sehr steil an. Der Widerstand erhöht sich dabei auf ein Mehrfaches seines Kaltwerts. Die Erhöhung des Widerstands erzeugt bei Einsatz eines PTC-Drillings (Reihenschaltung von 3 PTC-Sensoren) auch dann eine deutliche Änderung des Gesamtwiderstands, wenn nur ein Sensor die Ansprechtemperatur ϑ_n überschreitet. Die Ver-

wendung der 3 PTC-Sensoren gewährleistet auch bei asymmetrischer Phasenlast, z. B. im Stillstand, ein sicheres Abschalten durch ein handelsübliches Motorschutz-Auslösegerät. Das Motorschutz-Auslösegerät triggert typischerweise zwischen 1,5 kΩ und 3,5 kΩ und löst so einen Stopp der Steuerung aus.

Auf diese Weise erfassen die PTC-Sensoren bis auf wenige Grad Abweichung die Übertemperatur jeder Wicklung. Das Auslösegerät reagiert auch auf einen zu geringen Widerstand im PTC-Kreis, der auf einen Defekt im Überwachungskreis hindeuten kann. Außerdem sorgt das Auslösegerät für eine sichere galvanische Trennung der Steuerung von den PTC-Sensoren im Motor. Das Motorschutz-Auslösegerät ist nicht im Lieferumfang enthalten. PTC-Sensoren eignen sich nicht für Temperaturmessungen. Hierfür muss der Überwachungskreis II genutzt werden.

5 Temperaturcharakteristik PTC



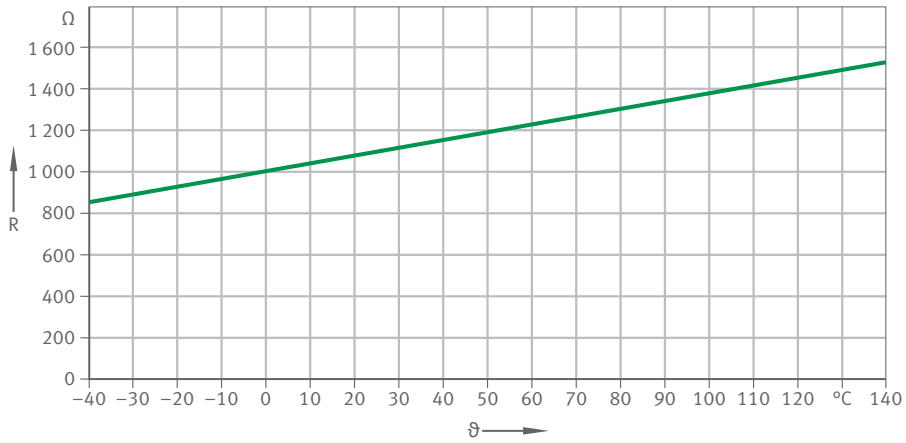
R	Widerstand	ϑ	Temperatur
ϑ_n	Nenn-Ansprechtemperatur		

Grundsätzlich müssen die PTC-Sensoren für den Temperaturschutz des Motors mit einem am Servoumrichter angeschlossenen Abschaltgerät ausgewertet werden.

1.5.3 Überwachungskreis II

Der Platin-Messwiderstand Pt1000 ist ein Temperatursensor, der die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands von Platin anwendet. In der EN 60751 ist die Sensorcharakteristik genormt. Sie umfasst den Bereich von −200 °C bis +850 °C. Der im Motor eingesetzte Sensortyp ist für −55 °C bis +190 °C spezifiziert. Der Temperatursensor misst somit stets sicher und genau innerhalb des zulässigen Betriebstemperaturbereichs für den Motor. Der zulässige Betriebstemperaturbereich ist +10 °C bis in der Regel +110 °C. Der Temperatursensor misst abhängig vom Motortyp mit Verzögerung.

6 Temperaturcharakteristik Pt1000

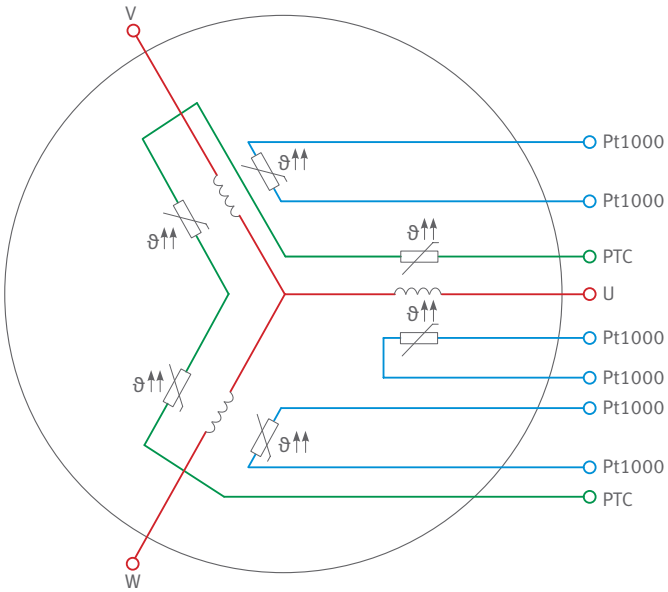


R	Widerstand	ϑ	Temperatur

Zum Schutz des Motors vor Übertemperatur definiert man in der Steuerung eine Vorwarnschwelle und eine Abschaltgrenze. Die Vorwarnschwelle dient dazu, eine sofortige Abschaltung mittels Motorschutzauslösegerät zu verhindern.

Im Stillstand des Motors fließen konstante Ströme durch die Wicklungen. Die Größe der konstanten Ströme hängt von der jeweiligen Polstellung ab. Durch die Abhängigkeit der konstanten Ströme von der jeweiligen Polstellung wird der Motor nicht homogen erwärmt, was zur Überhitzung nicht überwachter Wicklungen führen kann. Ein Pt1000-Sensor kann nur eine Phase überwachen. Bei Anwendungen, die im Stillstand regelmäßig an die Belastungsgrenze gehen, wird daher der Einsatz und die Auswertung von 3 Pt1000-Sensoren empfohlen, um eine Überwachung aller Phasen sicherzustellen.

7 Verschaltung PTC-Drilling und 3 Pt1000



1.6 Elektrische Anschlusstechnik

1.6.1 Standard-Kabelanschlüsse

Standard-Kabelanschlüsse der Motoren von Schaeffler Industrial Drives sind mit axialer Verschraubung ausgestattet. Ihre relative Position zu den Kühlanschlüssen ist in den Zeichnungen in den Leistungsdaten festgelegt ➤35|2.2. Die Kabellänge ab Motorausgang beträgt 1 m oder richtet sich nach Kundenwunsch. Der Querschnitt des Leistungsanschlusskabels ist vom Motornennstrom abhängig und der folgenden Tabelle zu entnehmen. Als Standard erfolgt die Dimensionierung auf den Nennstrom $I_{cw\ eff}$ bei P_{lw} (gekühlt).

▦2 Standard-Kabelanschlüsse

Querschnitt	Dauerstrom	Durchmesser	min. Biegeradius fest	min. Biegeradius flexibel	Gewicht
	A	mm	mm	mm	g/m
Sensor 4×0,14	–	4,8	24	36	40
Sensor 7×0,14	–	5,7	29	43	67
4G0,75	10,4	8	40	80	95
4G1,5	16,1	9	45	90	140
4G2,5	22	10,5	52,5	105	210
4G4	30	12,5	62,5	125	296
4G6	37	14,5	72,5	145	416
4G10	52	17	85	170	644
4G16	70	20,5	102,5	205	997

Die Motorkabel sind ab Querschnitt 4G0,75 mm² verfügbar. Das Sensorkabel ermöglicht die Temperaturüberwachung mittels PTC und Pt1000. Die Standardausführung der Aderenden ist offen mit Aderendhülsen. Die Kabelabgänge axial, radial und tangential sind möglich ➤33|2. Der jeweils gewünschte Kabelabgang wird bei Bestellung konkret definiert. Bei Motorströmen über 70 A werden die Kabelabgänge anwendungsspezifisch angepasst.

Eigenschaften der Kabel:

- geschirmt
- ölbeständig und kühlmittelbeständig durch PUR-Außenmantel
- flammwidrig
- schleppkettentauglich

▦3 Anschlussbelegungen Motor

Motor	
1/U	Phase U
2/V	Phase V
3/W	Phase W
GNYE	PE

▦4 Anschlussbelegungen Sensor

Sensor	
WH	PTC
BN	PTC
GN	Pt1000
YE	Pt1000

1.6.2 Positive Drehrichtung des Motors

Die elektrisch positive Drehrichtung entspricht bei allen 3-phasigen Motoren einem Rechtsdrehfeld, d. h. die Phasenspannungen werden in der Reihenfolge U, V, W induziert. Motoren von Schaeffler Industrial Drives haben diese positive Drehrichtung bei Sekundärteilbewegung:

- gegen den Uhrzeigersinn beim Blick auf die Seite des Kabelabgangs oben
- im Uhrzeigersinn beim Blick auf die dem Kabelabgang unten abgewandte Seite.

8 Drehrichtung bei Kabelabgang oben

1.6.3 Kommutierung

Synchronmotoren werden vorzugsweise kommutiert betrieben. Motoren von Schaeffler Industrial Drives besitzen standardmäßig keine Hall-Sensoren. Schaeffler empfiehlt die messsystembezogene Kommutierung, weil sie durch moderne Servoumrichter und Steuerungen unterstützt wird.

1.6.4 Isolationsfestigkeit und Überspannungsphänomene

Motoren von Schaeffler Industrial Drives werden nach der Richtlinie 2014/35/EU (Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen) entwickelt, konstruiert und gefertigt. Weiterhin entsprechen sie der 2014/30/EU (Elektromagnetische Verträglichkeit) und sind für den bestimmungsgemäßen Betrieb in einem PDS (Power Drive System) gemäß DIN EN 61800-5-1 bestimmt.

Alle Motoren werden vor Auslieferung auf Spannungsfestigkeit der Isolation geprüft. Die Isolationssysteme der Motoren sind auf die Überspannungskategorie III ausgelegt und auf max. Lebensdauer optimiert. Moderne Prüfverfahren, wie z. B. die Messung der Teilentladungseinsetzspannung, stellen die Lebendauer und die Leistung über einen langen Zeitraum sicher.

Im eingebauten Zustand ist der Motor Bestandteil des PDS (Power Drive System). Das PDS besteht aus Motor, Motorkabel und Umrichterkomponenten, wie Einspeisemodul, Rückspeisemodule, Antriebsregler, Filter. Innerhalb des Systems kann es zu ungewollten und unvorhersehbaren Effekten kommen. Steuerungshersteller geben in der Regel Empfehlungen und Projektierungshinweise, die der Anwender beachten und einhalten muss. Ein Nichtbeachten kann zum vorzeitigen isolationstechnischen Ausfall der Motoren oder Umrichter führen.

Unabhängig vom Umrichter kann der Anwender durch folgende Maßnahmen im Vorfeld einen sichereren Betrieb gewährleisten:

- **Kurze Kabellänge und großflächige Auflage der Kabelschirmung**
  Diese tragen zur Vermeidung von Spannungsüberhöhungen durch HF-Reflexion auf dem Motorkabel bei. Bei Anschlusskabeln ab ca. 10 m Länge zwischen Motor und Umrichter steigt die Wahrscheinlichkeit dieses Effekts. Schaeffler Industrial Drives empfiehlt bei Inbetriebnahme der Maschine, die Spannung an den Motoranschlussklemmen mit geeigneter Hochvolttechnik zu messen.
- **Richtige Auswahl des Motors**
  Torquemotoren sollten nach der Zwischenkreisspannung des Umrichters ausgewählt werden. Die Zwischenkreisspannung beträgt in den meisten Fällen 600 V. Eine kleinere Zwischenkreisspannung reduziert die Dynamik und max. Drehzahl. Eine Zwischenkreisspannung ab 720 V erfordert ein verstärktes Isolationssystem. Kontaktieren Sie uns bitte in solch einem Fall. Motoren mit Induktivitäten deutlich über 50 mH, gemessen von Phase zu Phase, dürfen nur nach Einzelfallprüfung durch den Hersteller des Umrichters und Schaeffler Industrial Drives eingesetzt werden. Ansonsten können Resonanzen im PDS (Power Drive System) und Isolationsschäden infolge von Spannungsspitzen auftreten.

Umrichterseitig muss der Anwender die Hinweise des Herstellers beachten. Besondere Aufmerksamkeit ist in folgenden Fällen geboten:

- Überspannungsschutz bei Rückspeisung des Motors in den Umrichter, z. B. bei Störungen im Feldschwächebetrieb. Hier kann mit der Gegenspannungskonstante die auftretende Spannung berechnet werden. Die auftretende Spannung kann dann mit den max. zulässigen Spannungen abgeglichen und ggf. ein Überspannungsschutzmodul oder Spannungsbegrenzungsmodul (VPM, Voltage Protection Module) vorgesehen werden.
- Anwendungen, bei denen es in der Vergangenheit Probleme mit vermehrten Isolationsschäden gab oder bei denen bereits Gegenmaßnahmen vorgesehen werden.

Sollte einer der oben genannten Punkte zutreffen, dies bitte in der Anfrage angeben oder bei Inbetriebnahme vor Ort eine Messung der transienten Überschwingweite einplanen. Bei einer Zwischenkreisspannung von 600 V bis 720 V sollte die Überschwingweite max. 1370 V betragen.

1.7 Kühlung und Kühlkreislauf

1.7.1 Verlustleistung und Verlustwärme

Die Motorkonstante k_m beschreibt die Verlustleistung. Neben der Verlustleistung treten bei Polwechselfrequenzen ab 100 Hz Eisenverluste in Sekundärteil und Primärteil sowie Magnetverluste im Sekundärteil auf. Die Eisenverluste und Magnetverluste erwärmen den Motor zusätzlich. Die Eisenverluste nehmen nicht linear mit der Polwechselfrequenz zu und hängen vom Feldschwächewinkel und der Stromdichte ab.

Bei geringen Polwechselfrequenzen produzieren Motoren mit hoher Motorkonstante k_m im Vergleich zu Motoren mit geringerer Motorkonstante k_m weniger Verlustleistung.

Die Motorbaugruppen übertragen die während des Motorbetriebs entstehende Verlustleistung auf die Maschine. Eine konstruktive Gestaltung des Gesamtsystems beeinflusst und steuert diese Wärmeverteilung gezielt. Die Nennmomente der Motoren sind mit Flüssigkeitskühlung bis zu 300 % höher als im ungekühlten Betrieb. Die Auslegung der Motoren in die Maschinenkonstruktion richtet sich nach Einbauraum, Genauigkeitsanforderungen und Bedarf zur Kühlung.

Kühlung ist die bevorzugte Lösung in Produktionsmaschinen mit hoher Leistung oder sehr hoher Dynamik und damit hoher Lagerbelastung. Bei einer vollständigen thermischen Entkopplung von Motor und Maschine empfiehlt Schaeffler Industrial Drives zusätzlich eine Temperierung der Umgebungskonstruktion. Dies trägt z. B. dazu bei, einen thermischem Verzug der Maschinenkonstruktion in Präzisionsmaschinen zu verhindern. Die eigentliche Kühlung wird dann als Hauptkühlung oder Leistungskühlung bezeichnet.

Die Flüssigkühlung der Motoren ist eine Mantelkühlung, welche der Anwender an den Kühlkreislauf eines Kühlaggregats anschließt. Schaeffler Industrial Drives bietet den Kühlmantel als optionalen Bestandteil des Motors an. Der Kunde kann auch einen Kühlmantel in seine Maschine integrieren.

Das Kühlmedium gelangt über Durchbrüche in den Kühlrippen über verschiedene Ebenen vom Einlass zum Auslass. Einlass und Auslass können den beiden Anschlüssen beliebig zugeordnet werden. Der Durchflussbereich wird nach außen über O-Ringe abgedichtet.

Wasser als Kühlmittel benötigt Zusätze, die Korrosion und biologische Ablagerungen im Kühlkreislauf verhindern.

1.7.2 Abhängigkeit der Nenndaten von der Vorlauftemperatur und dem Kühlmedium

Der für den gekühlten Betrieb angegebene Nennstrom $I_{cw\ eff}$ bezieht sich auf die Nenn-Vorlauftemperatur ϑ_{nf} des Kühlwassers und wird in den Leistungsdaten angegeben ➤35|2.2. Höhere Vorlauftemperaturen ϑ_f führen zur Reduzierung der Kühlleistung und damit auch des Nennstroms. Der reduzierte Nennstrom $I_{c\ red}$ wird aus folgendem quadratischem Zusammenhang errechnet:

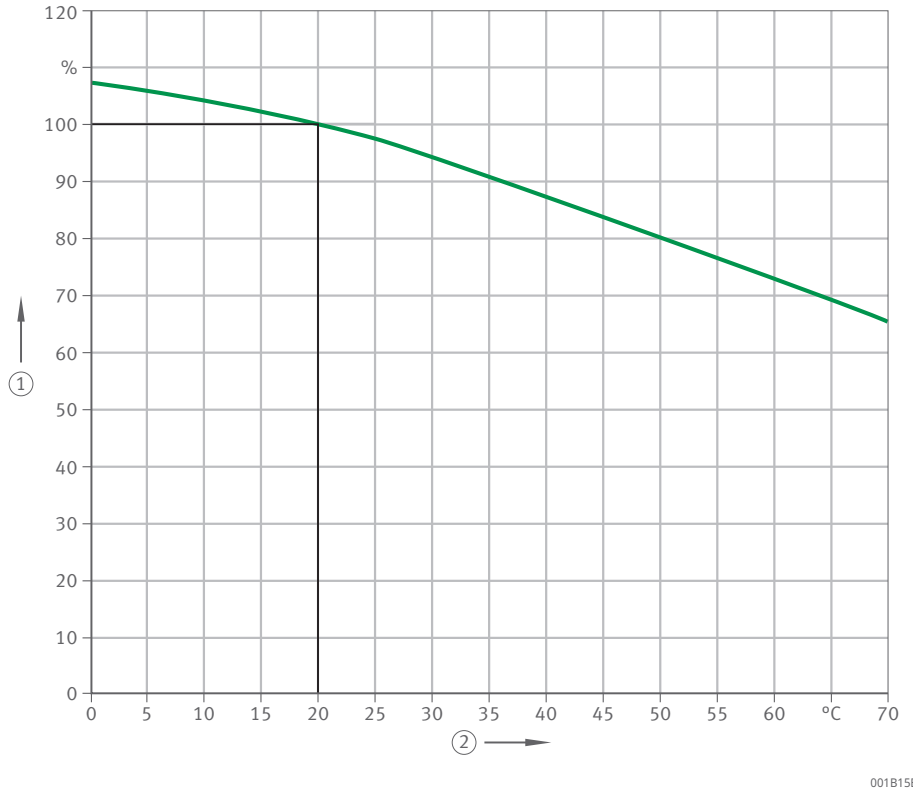
𝑓⃞2 Reduzierter Nennstrom

$$\frac{I_{c\ red}}{I_{cw\ eff}} = \sqrt{\frac{\vartheta_{max} - \vartheta_f}{\vartheta_{max} - \vartheta_{nf}}}$$

$I_{c\ red}$	A	reduzierter Nennstrom
$I_{cw\ eff}$	A	effektiver Nennstrom gekühlt
ϑ_{max}	°C	max. zulässige Wicklungstemperatur
ϑ_{nf}	°C	Nenn-Vorlauftemperatur
ϑ_f	°C	aktuelle Vorlauftemperatur

Die Nutzung kundenspezifischer Kühlmedien führt zur Veränderung der abführbaren Wärmeverlustleistung und somit auch zur Veränderung des dauerhaft abrufbaren gekühlten Nennmoments. Ingenieure von Schaeffler Industrial Drives ermitteln auf Anfrage und bei Nennung der Stoffeigenschaften den Einfluss des verwendeten Kühlmediums.

9 Relativer Nennstrom $I_{c\ red}$ / $I_{cw\ eff}$ abhängig von Vorlauftemperatur ϑ_f (ϑ_{nf} = +20 °C)



1	Relativer Nennstrom $I_{c\ red}$ / $I_{cw\ eff}$ in %	2	Aktuelle Vorlauftemperatur ϑ_f
$I_{c\ red}$	Reduzierter Nennstrom	ϑ_{nf}	Nenn-Vorlauftemperatur
$I_{cw\ eff}$	Nennstrom gekühlt		

1.8 Anordnung von Motoren

1.8.1 Parallelbetrieb mehrerer Motoren auf einer Achse

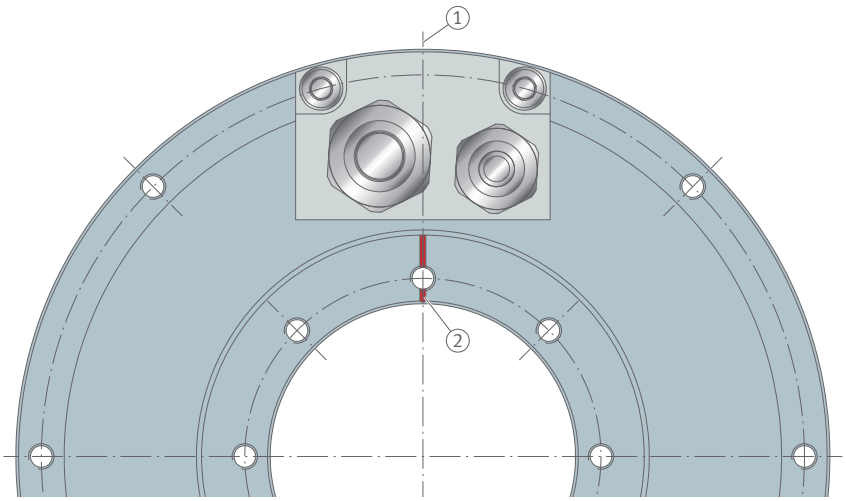
In einigen Anwendungen ist es sinnvoll, eine Achse mit 2 oder mehreren Synchronmotoren gleichzeitig anzutreiben. Solche Anwendungen sind z. B. Schwenkbrücken in 5-Achs-Bearbeitungszentren, Gabelfräsköpfe oder Werkzeugspindeln für Wälzfräsanwendungen. Baugleiche Motoren können parallel geschaltet an einem gemeinsamen Umrichter betrieben werden.

1.8.2 Anordnung der Motoren

Man unterscheidet zwischen der parallelen Tandem-Anordnung und der antiparallelen, d. h. spiegelbildlichen Janus-Anordnung der Primärteile.

Sekundärteilausrichtung

10 Nullachse und Sekundärteilmarkierungen in Flucht



1	Nullachse	2	Sekundärteilmarkierung

Sekundärteile müssen im Parallelbetrieb unabhängig der Anordnung in gleicher Winkellage ausgerichtet sein. Hierzu werden die jeweiligen Sekundärteilmarkierungen genutzt.

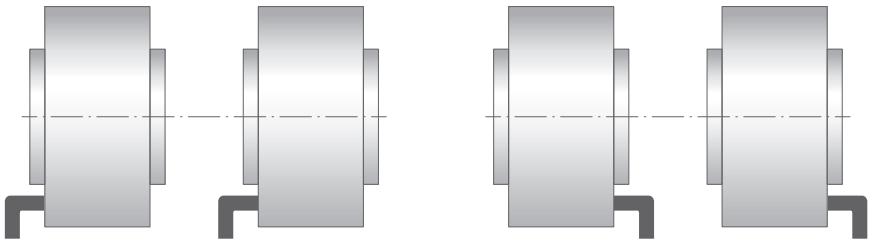
Primärteilausrichtung

Ziel ist es, die Spulen jeder Phase in gleicher Winkellage auszurichten. Das Primärteil wird anhand der Nullachse ausgerichtet. Die Nullachse befindet sich in der Regel zwischen den Bohrungen der Kabelklemme.

Kunden setzen sich vor der Planung des Parallelbetriebs bitte mit unseren Ingenieuren in Verbindung.

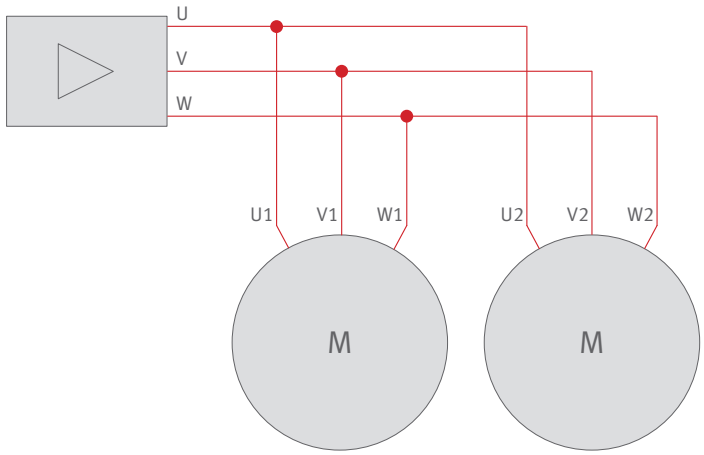
Tandem-Anordnung

11 Tandem-Anordnung



Die Kabelabgänge zeigen in die gleiche Längsrichtung.

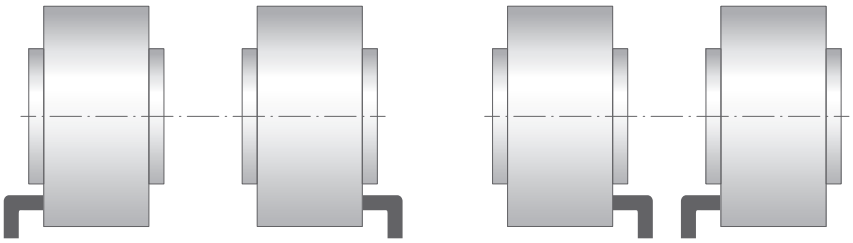
12 Tandem-Anordnung



Mit den Kabelabgängen fluchten auch die Nullachsen der Primärteile. Man bringt bei koaxial fluchtenden Kabelabgängen die Lochkreise überein und fasst die Phasenanschlüsse gleichnamig zusammen.

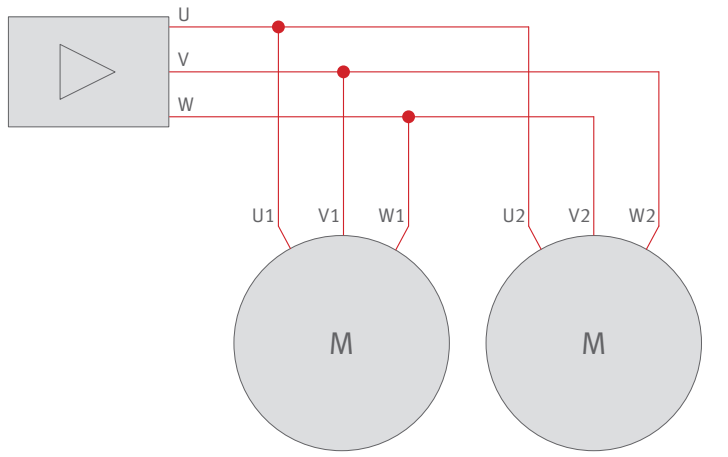
Janus-Anordnung

13 Janus-Anordnung



Die Kabelabgänge zeigen in die entgegengesetzte Längsrichtung.

14 Janus-Anordnung



Die Nullachsen müssen auch in der spiegelbildlichen Janus-Anordnung übereinstimmen. Je nach Position der Nullachse kann ein Versatz der Lochkreise notwendig sein. Gespiegelt angeordnete Motoren müssen in entgegengesetztem Drehsinn arbeiten. Dazu vertauscht man an einem der beiden Motoren die Phasen V und W. Damit liegen jeweils die Phasen U1 und U2, V1 und W2 sowie W1 und V2 gemeinsam am Umrichter an ➤23 | 14.

1.9 Parallelbetrieb mehrerer Motoren auf einer Achse

1.9.1 Verschiebung des Kabelabgangs

Bei allen Anordnungen können die Primärteile und damit die Kabelabgänge in einem bestimmten Raster gegeneinander verdreht werden. Insbesondere bei der Janus-Anordnung mit innen liegenden Kabelabgängen kann durch das Verdrehen der Primärteile eine kürzere Gesamtachse konstruiert werden. Das Raster entspricht einem Polpaar und muss mit einem beliebigen ganzzahligen Faktor multipliziert werden.

Der Verdrehwinkel wird wie folgt berechnet:

3 Verdrehwinkel

$$\text{Verdrehwinkel} = \frac{360°}{\text{Polpaarzahl}} \cdot x$$

x	–	beliebiger, ganzzahliger Faktor

Bei einigen Baureihen ist ein günstiger Verdrehwinkel auch im Lochkreis möglich, z. B. RIB11-3P-230xH:

4 Verdrehwinkel im Lochkreis

$$\text{Verdrehwinkel} = \frac{360°}{22} \cdot 11 = 180°$$

1.9.2 Einstellung der Phasengleichheit

Grundsätzlich muss geprüft werden, ob die parallelen Motoren gleichphasig zueinander ausgerichtet sind. Bei Nichtübereinstimmung der Phasen verringern sich Momentenkonstante und Wirkungsgrad drehzahlabhängig aufgrund induzierter Kurzschlussströme.

Zum Abgleich der Phasen wird jeweils die Gegenspannung der Motoren mit einem 2-kanaligen Oszilloskop bei gleichzeitiger Drehung der verbundenen Sekundärteile gemessen. Der Phasenversatz der beiden Kurven darf max. ±5° betragen, um eine gute statische Funktion der zusammengeschalteten Motoren zu gewährleisten. Ein vorhandener elektrischer Phasenversatz zwischen den Motoren kann durch mechanische Verstellung je eines Sekundärteils oder Primärteils aufgehoben werden.

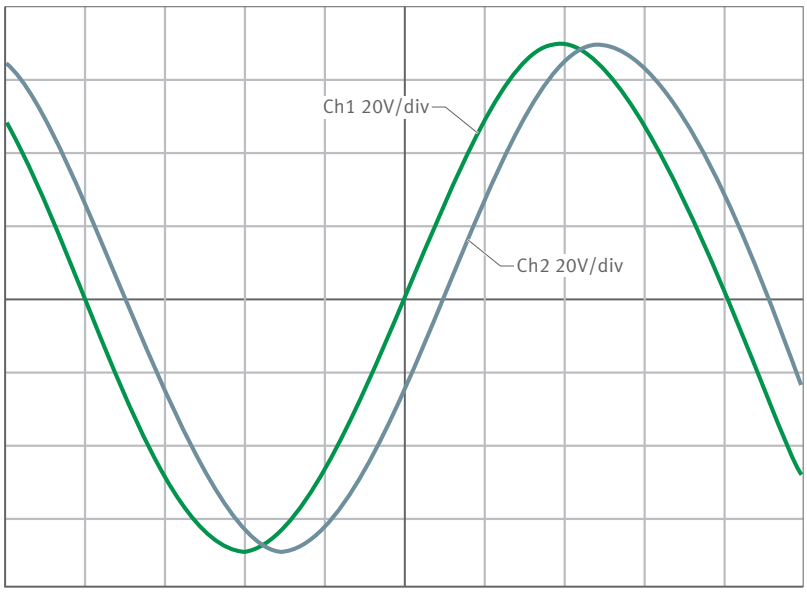
Dabei gilt:

𝑓⃞5 Mechanischer Winkelsatz

$$\text{Mechanischer Winkelsatz} = \frac{\text{Phasenversatz}}{\text{Polpaarzahl}}$$

Bei fachgerechter Montage reicht normalerweise ein Spiel der Lochkreisverschraubung, nach mittlerer Toleranzklasse EN 20273, für eine Feinkorrektur aus. Werden mehr als 2 Motoren parallel geschaltet, definiert man einen davon als Master, auf den man die Ausrichtung aller anderen Motoren bezieht.

15 Phasenversatz 22,5° zwischen den Gegenspannungen

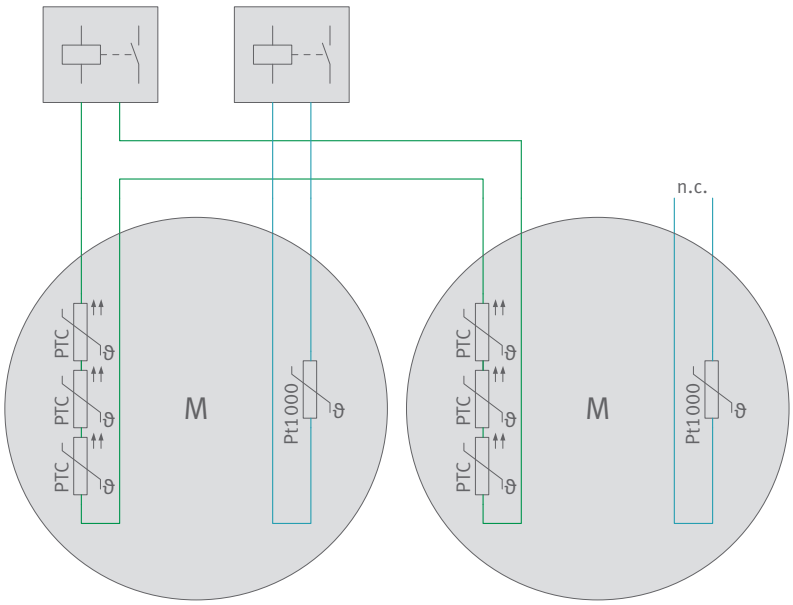


1.9.3 Auswertung der Temperatursensorik

Bei einer fehlerhaften oder ungenauen Ausrichtung der Motoren zueinander kann es zu einer thermischen Überlastung eines Motors kommen. Integrierte PTC-Sensoren schützen den Motor. Dazu werden die PTC-Sensoren jedes Motors in der Anordnung in Reihe geschaltet und über ein Motorschutz-Auslösegerät ausgewertet.

Um ein vorzeitiges Auslösen des Motorschutzes zu vermeiden, empfiehlt Schaeffler Industrial Drives bei 3 oder mehr PTC-Überwachungskreisen mehrere oder mehrkanalige Motorschutz-Auslösegeräte.

16 Anschluss der Temperatursensoren bei mehreren Motoren



1.9.4 Resultierende Motordaten

Mit der Parallelschaltung baugleicher Einzelmotoren ergeben sich für den Umrichter neue elektrische Daten des vorliegenden Ersatzmotors. Sie lassen sich leicht aus den Daten der Einzelmotoren bestimmen:

- Polpaarzahl, Momentenkonstante, Spannungskonstante und Zeitkonstante sowie Drehzahlen bleiben unverändert.
- Ströme, Momente und die Dämpfungskonstante vervielfachen sich mit der Anzahl der Einzelmotoren.
- Widerstand und Induktivität teilen sich durch die Anzahl der Einzelmotoren.

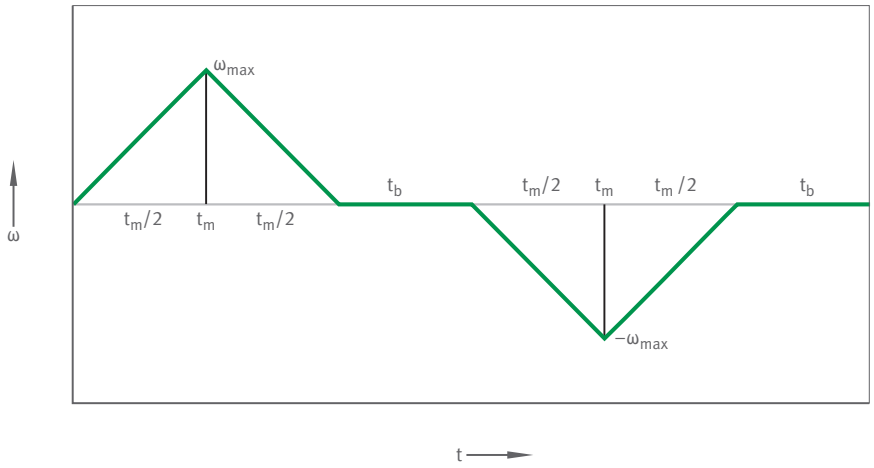
1.10 Auswahl von Direktantrieben für rotative Anwendungen

1.10.1 Taktanwendungen

Der Taktbetrieb besteht aus aufeinander folgenden Positionierbewegungen mit Bewegungspausen dazwischen. Eine einfache Positionierung verläuft als positiv beschleunigte Bewegung und anschließende Bremsung. Hat die negative Beschleunigung den gleichen Betrag, dann sind die Beschleunigungszeit und die Bremszeit gleich. Die max. Winkelgeschwindigkeit ω_{max} ist am Ende einer Beschleunigungsphase erreicht.

Ein Taktzyklus wird im ω-t-Diagramm beschrieben. Das ω-t-Diagramm für Taktbetrieb zeigt eine Vor-Rückwärts-Drehung mit Pausen.

17 ω-t-Diagramm für Taktbetrieb



ω	Winkelgeschwindigkeit	t	Zeit
t_m	Bewegungszeit	t_b	Pausenzeit
ω_{max}	max. Winkelgeschwindigkeit		

Aus der Vor-Rückwärts-Drehung mit Pausen ergeben sich das α-t-Diagramm für Taktbetrieb sowie der Verlauf des für die Bewegung erforderlichen Drehmoments:

6 Drehmoment

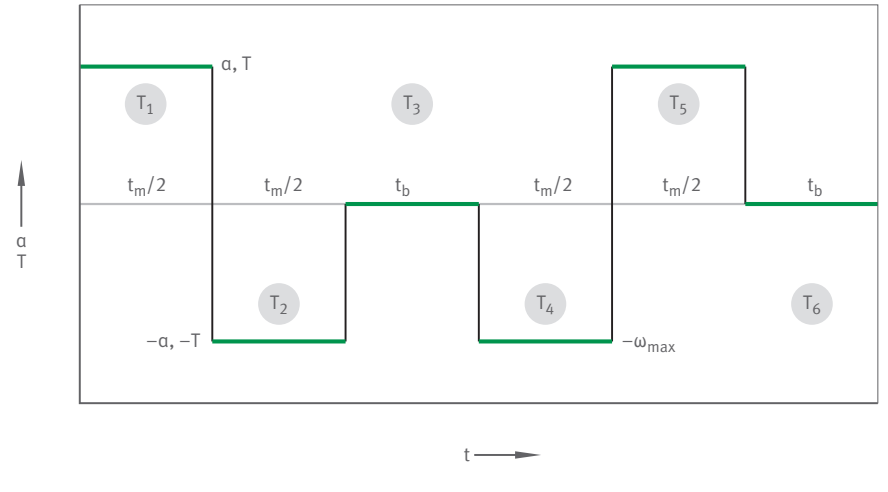
$T = J \cdot \alpha$

T	Nm	Drehmoment
J	kg · m²	Massenträgheitsmoment
α	rad/s²	Winkelbeschleunigung

Entsprechend dem Drehmomentverlauf eines gewünschten Taktzyklus wird der Motor nach 3 Kriterien ausgewählt:

- max. Drehmoment im Zyklus ≤ T_p entsprechend den Leistungsdaten ➤35|2.2
- effektives Drehmoment im Zyklus ≤ T_c (Motor ungekühlt) oder T_{cw} (Wasserkühlung) entsprechend den Leistungsdaten ➤35|2.2
- max. Drehzahl im Zyklus ≤ $n_{!p}$ entsprechend den Leistungsdaten ➤35|2.2

18 α-t-Diagramm für Taktbetrieb



α	Winkelbeschleunigung	t	Zeit
t_m	Bewegungszeit	t_b	Pausenzeit
ω_{max}	max. Winkelgeschwindigkeit	T	Drehmoment
T_1	Drehmomenttakt 1 ($T_1 = T$)	T_2	Drehmomenttakt 2 ($T_2 = -T$)
T_3	Drehmomenttakt 3 ($T_3 = 0$)	T_4	Drehmomenttakt 4 ($T_4 = -T$)
T_5	Drehmomenttakt 5 ($T_5 = T$)	T_6	Drehmomenttakt 6 ($T_6 = 0$)

Das effektive Drehmoment ist gleich dem quadratischen Mittelwert des Momentverlaufs (6 Drehmomenttakte) im Taktzyklus.

f 7 Effektives Drehmoment

$$T_{eff} = \sqrt{\frac{T_1^2 \cdot t_1 + T_2^2 \cdot t_2 + \ldots + T_6^2 \cdot t_6}{t_1 + t_2 + \ldots + t_6}}$$

T_{eff}	Nm	effektives Drehmoment
T_1	Nm	Drehmomenttakt 1 ($T_1 = T$)
t_1	s	Bewegungszeit 1 ($t_1 = t_m/2$)
T_2	Nm	Drehmomenttakt 2 ($T_2 = -T$)
t_2	s	Bewegungszeit 2 ($t_2 = t_m/2$)
T_6	Nm	Drehmomenttakt 6 ($T_6 = 0$)
t_6	s	Bewegungszeit 6 ($t_6 = t_b$)

Für die Drehmomente empfehlen wir einen Sicherheitsfaktor von 1,4. Der Sicherheitsfaktor berücksichtigt unter anderem den Motorbetrieb im nichtlinearen Bereich der Drehmoment-Strom-Kennlinie, für den die Berechnungsgleichung für T_{eff} lediglich näherungsweise gilt.

Das effektive Drehmoment wird mit den folgenden Drehmomenten berechnet:

- $T_1 = T$
- $T_2 = -T$
- $T_3 = 0$
- $T_4 = -T$
- $T_5 = T$
- $T_6 = 0$

Das effektive Drehmoment wird mit den folgenden Zeiten berechnet:

- $t_1 = t_m/2$
- $t_2 = t_m/2$
- $t_3 = t_b$
- $t_4 = t_m/2$
- $t_5 = t_m/2$
- $t_6 = t_b$

ƒ8 Effektives Drehmoment

$$T_{eff} = T \cdot \sqrt{\frac{t_m}{t_m + t_b}}$$

T_{eff}	Nm	effektives Drehmoment
T	Nm	Drehmoment
t_m	s	Bewegungszeit
t_b	s	Pausenzeit

ƒ9 Effektives Drehmoment

$$T_{eff} = J \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{t_m}{t_m + t_b}}$$

T_{eff}	Nm	effektives Drehmoment
J	$kg \cdot m^2$	Massenträgheitsmoment
α	rad/s^2	Winkelbeschleunigung
t_m	s	Bewegungszeit
t_b	s	Pausenzeit

Wenn im Taktzyklus ausschließlich Drehmomente gleichen Betrags wirken, gilt diese Gleichung für das effektive Drehmoment ➤28|ƒ9. Massenträgheitsmoment und Winkelbeschleunigungen sind konstant. Unter der Wurzel steht die Bewegungszeit dividiert durch die Summe der Bewegungszeit und Pausenzeit. Im Nenner steht die Zykluszeit.

Winkelbeschleunigung, max. Winkelgeschwindigkeit und max. Drehzahl einer Positionierbewegung werden berechnet mit:

ƒ10 Winkelbeschleunigung

$$\alpha = \frac{4 \cdot \varphi}{t_m^2}$$

α	rad/s^2	Winkelbeschleunigung
ϕ	°	Bewegungswinkel
t_m	s	Bewegungszeit

ƒ11 Max. Winkelgeschwindigkeit

$$\omega_{max} = \frac{2 \cdot \varphi}{t_m}$$

ω_{max}	rad/s	max. Winkelgeschwindigkeit
ϕ	°	Bewegungswinkel
t_m	s	Bewegungszeit

𝑓⃞12 Max. Drehzahl

$$n_{max} = \frac{30}{\pi} \cdot \omega_{max}$$

n_{max}	min^{-1}	max. Drehzahl
ω_{max}	rad/s	max. Winkelgeschwindigkeit

Der hier gezeigte Rechenweg ist idealisiert und vereinfacht. Beispielsweise ist der Anstieg der Winkelbeschleunigung unendlich hoch. In der Praxis begrenzen die Motorinduktivität oder andere Komponenten die Winkelbeschleunigung. Um diese Effekte bei der Auslegung zu berücksichtigen, werden Sicherheitsfaktoren genutzt oder bei besonders dynamischen Bewegungen zusätzliche Zeiten von 15 ms bis 20 ms pro Positionierung angenommen.

1.10.2 Beispiel Taktanwendungen

▦5 Vorgegebene Werte

Vorgegebene Werte	Einheit	Wert
Bewegungswinkel ϕ	°	180
Bewegungszeit t_m	s	0,5
Zykluszeit $t_m + t_b$	s	1,35
Massenträgheitsmoment J	$kg \cdot m^2$	2,5
Reibmoment T_F	Nm	8
Sicherheitsfaktor SF	–	1,4

Berechnung

Umrechnung Bewegungswinkel:

𝑓⃞13 Umrechnung Bewegungswinkel

$$\varphi = \frac{\pi}{180} \cdot 180\ rad = 3{,}142\ rad$$

ϕ	°	Bewegungswinkel

Max. Winkelgeschwindigkeit:

𝑓⃞14 Max. Winkelgeschwindigkeit

$$\omega_{max} = \frac{2 \cdot \varphi}{t_m} = \frac{2 \cdot 3{,}142}{0{,}5}\ rad/s = 12{,}57\ rad/s$$

ω_{max}	rad/s	max. Winkelgeschwindigkeit
ϕ	°	Bewegungswinkel
t_m	s	Bewegungszeit

Max. Drehzahl:

𝑓⃞15 Max. Drehzahl

$$n_{max} = \frac{30}{\pi} \cdot \omega_{max} = \frac{30}{\pi} \cdot 12{,}57\ 1/s = 120\ min^{-1}$$

n_{max}	min^{-1}	max. Drehzahl
ω_{max}	rad/s	max. Winkelgeschwindigkeit

Winkelbeschleunigung:

𝑓16 Winkelbeschleunigung

$$\alpha = \frac{4 \cdot \varphi}{t_m^2} = \frac{4 \cdot 3{,}142}{0{,}5^2}\ \text{rad/s}^2 = 50{,}27\ \text{rad/s}^2$$

α	rad/s^2	Winkelbeschleunigung
ϕ	°	Bewegungswinkel
t_m	s	Bewegungszeit

Unter Berücksichtigung des Lagerreibmoments T_F ergibt sich ein max. Drehmoment:

𝑓17 Max. Drehmoment

$$T_{max} = (J \cdot \alpha) + T_F = (2{,}5 \cdot 50{,}27) + 8 = 133{,}68\ \text{Nm}$$

T_{max}	Nm	max. Drehmoment
J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	Massenträgheitsmoment
α	rad/s^2	Winkelbeschleunigung
T_F	Nm	Lagerreibmoment

Effektives Drehmoment unter Beachtung des Lagerreibmoments T_F:

𝑓18 Effektives Drehmoment unter Beachtung des Lagerreibmoments

$$T_{eff} = \left(J \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{t_m}{t_m + t_b}} \right) + T_F = \left(2{,}5 \cdot 50{,}27 \cdot \sqrt{\frac{0{,}5}{1{,}35}} \right) + 8 = 84{,}48\ \text{Nm}$$

T_{eff}	Nm	effektives Drehmoment
J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	Massenträgheitsmoment
α	rad/s^2	Winkelbeschleunigung
t_m	s	Bewegungszeit
t_b	s	Pausenzeit
T_F	Nm	Lagerreibmoment

Unter Beachtung des Sicherheitsfaktors SF wird der Motor mit folgenden Anforderungen gewählt.
$1{,}4 \times T_{max} \leq T_P$
$1{,}4 \times T_{eff} \leq T_{cw}$
$n_{max} \leq n_{lp}$
Bei der Motorauswahl mit den errechneten Arbeitspunkten T_{max} und n_{max} sollte bei der Drehzahl ohne Sicherheitsfaktor gearbeitet werden. Andernfalls erfolgt eine deutliche Überdimensionierung des Antriebs in der Anwendung in puncto mechanischer Leistung. Überdimensionierung: Sicherheit Drehzahl 1,4 x Sicherheit Drehmoment 1,4 = Gesamtsicherheit 1,96. Alternativ kann der Arbeitspunkt auch über das Drehmoment-Drehzahl-Diagramm ausgelegt werden. Kunden wenden sich hierzu bitte an unsere Spezialisten.

Aus der Berechnung ergeben sich folgende Motoranforderungen:

Ohne Sicherheitsfaktor:

- T_p = 133,68 Nm
- T_{cw} = 84,48 Nm

Mit Sicherheitsfaktor:

- T_p = 187,15 Nm
- T_{cw} = 118,27 Nm

Der Motor RIB17-3P-168x50-Z0.7 mit T_p = 233 Nm, T_{cw} = 123 Nm und n_{lp} = 150 min^{-1} erfüllt die Anforderung in dem Rechenbeispiel vollumfänglich.

1.10.3 NC-Rundtischanwendungen

Für wassergekühlte Rundtischanwendungen sind meist die Drehzahl n, das Massenträgheitsmoment J, das Bearbeitungsmoment T_W (in Bewegung) und das Stillstandsmoment T_{sw} sowie die Winkelbeschleunigungen α im S1-Betrieb und $α_{max}$ im S6-Betrieb bekannt. Die Wirkungszeiten der Momente wechseln oft. Trotzdem ist es erforderlich, das effektive Moment als Dauermoment und das Maximalmoment so genau wie möglich zu bestimmen, um den optimalen Motor auszuwählen und einer Überschreitung der max. zulässigen Wicklungstemperatur vorzubeugen. In die Momentberechnung werden alle im Motorbetrieb auftretenden Lastmomente einbezogen.

1.10.4 Beispiel NC-Rundtischanwendungen

6 Vorgegebene Werte

Vorgegebene Werte	Einheit	Wert
Drehzahl n	min^{-1}	60
Massenträgheitsmoment J	$kg \cdot m^2$	4
Bearbeitungsmoment T_W	Nm	300
Reibmoment T_F	Nm	50
Gewichtskraft (Zusatzmoment) T_Z	Nm	0
Winkelbeschleunigung im S1-Betrieb $α_{S1}$	$°/s^2$	9000
Max. Winkelbeschleunigung im S6-Betrieb für 3 s $α_{max}$	$°/s^2$	20000
Sicherheitsfaktor SF	–	1,4

Berechnung

Umrechnung der Winkelbeschleunigung in rad/s^2:

19 Winkelbeschleunigung

$$α_{S1} = \frac{π}{180} \cdot α_{S1}\left[°/s^2\right] = \frac{π}{180} \cdot 9000 = 157\ rad/s^2$$

$α_{S1}$	rad/s^2	Winkelbeschleunigung S1-Betrieb

20 Max. Winkelbeschleunigung

$$α_{max} = \frac{π}{180} \cdot α_{max}\left[°/s^2\right] = \frac{π}{180} \cdot 20000 = 349\ rad/s^2$$

$α_{max}$	rad/s^2	max. Winkelbeschleunigung

Der Motor wird anhand des gekühlten Stillstandsmoments T_{sw} sowie anhand der Drehmomente in Bewegung für S1-Betrieb (T_{cw}) und S6-Betrieb (T_p) ausgewählt. Dabei gewährleistet der Sicherheitsfaktor SF in Höhe von 1,4, dass die Position zuverlässig gehalten werden kann und die Regelung auf Abweichungen sicher reagiert.

ƒ21 Gekühltes Stillstandsmoment, mit Wasserkühlung

$$T_{sw} = \left(T_W + T_F + T_Z\right) \cdot 1{,}4 = 490 \text{ Nm}$$

T_{sw}	Nm	Stillstandsmoment gekühlt
T_W	Nm	Bearbeitungsmoment
T_F	Nm	Lagerreibmoment
T_Z	Nm	Gewichtskraft (Zusatzmoment)

ƒ22 Gekühltes Nennmoment, mit Wasserkühlung

$$T_{cw} = \left(J \cdot \alpha_{S1} + T_W + T_F + T_Z\right) \cdot 1{,}4 = 1369 \text{ Nm}$$

T_{cw}	Nm	Nennmoment gekühlt
J	$kg \cdot m^2$	Massenträgheitsmoment
α_{S1}	rad/s^2	Winkelbeschleunigung S1-Betrieb
T_W	Nm	Bearbeitungsmoment
T_F	Nm	Lagerreibmoment
T_Z	Nm	Gewichtskraft (Zusatzmoment)

ƒ23 Spitzenmoment

$$T_p = \left(J \cdot \alpha_{max} + T_W + T_F + T_Z\right) \cdot 1{,}4 = 2444 \text{ Nm}$$

T_p	Nm	Spitzenmoment
J	$kg \cdot m^2$	Massenträgheitsmoment
α_{max}	rad/s^2	max. Winkelbeschleunigung
T_W	Nm	Bearbeitungsmoment
T_F	Nm	Lagerreibmoment
T_Z	Nm	Gewichtskraft (Zusatzmoment)

Aus der Berechnung ergeben sich folgende Motoranforderungen:

T_p = 2444 Nm

T_{cw} = 1369 Nm

Der Motor RIB13-3P-690×50-Z4.2 mit T_p = 3627 Nm, T_{cw} = 2166 Nm und n_{lp} = 61 min^{-1} erfüllt die Anforderungen in dem Rechenbeispiel vollumfänglich.

Im oben gezeigten Beispiel soll der NC-Rundtisch zuerst eine definierte Drehzahl anfahren (Drehzahlregelung). Anschließend nimmt der NC-Rundtisch bei dieser Drehzahl die Bearbeitung vor.

Falls zusätzlich ein Positioniervorgang erforderlich ist, wie beispielsweise bei sogenannten Wendern in Positionsregelung, so muss die dabei erforderliche Drehzahl bei T_P mit einer Sicherheit von 10 % bis 20 % beaufschlagt werden. Die Grenzdrehzahl n_{lp} des Motors muss dann größer als die errechnete Drehzahl inklusive dem Aufschlag sein.

2 Torquemotoren

RIB-Torquemotoren sind permanent erregte Synchronmotoren als Innenläufer.

Das Primärteil ist ein Voll-Verguss-Primärteil mit außen liegender Flüssigkeitskühlung. Das Sekundärteil ist ein Rückschlussring mit großem Innendurchmesser und außen aufgebrachten Permanentmagneten.

Motoren dieser Baureihe sind auf höchste Effizienz optimiert. Sie haben bei Nenndrehzahl ein hohes Drehmoment und eine geringe Verlustleistung. Das nutzbare Drehmoment steht über einen sehr großen Bereich zur Verfügung. RIB-Torquemotoren sind für Umfangsgeschwindigkeiten bis 10 m/s konstruiert. Die geringen Momentschwankungen erlauben den Einsatz für Präzisionsanwendungen.

RIB-Torquemotoren haben folgende Merkmale:

- drehmomentwirksame Primärteilhöhen in 25-mm-Schritten
- verschiedene Standardwicklungen für unterschiedliche Drehzahlen
- marktübliche Baugrößen

7 Kabelabgänge

Standard	**Option**	**Option**
axialer Kabelabgang	tangentialer Kabelabgang	radialer Kabelabgang

Vorteile:

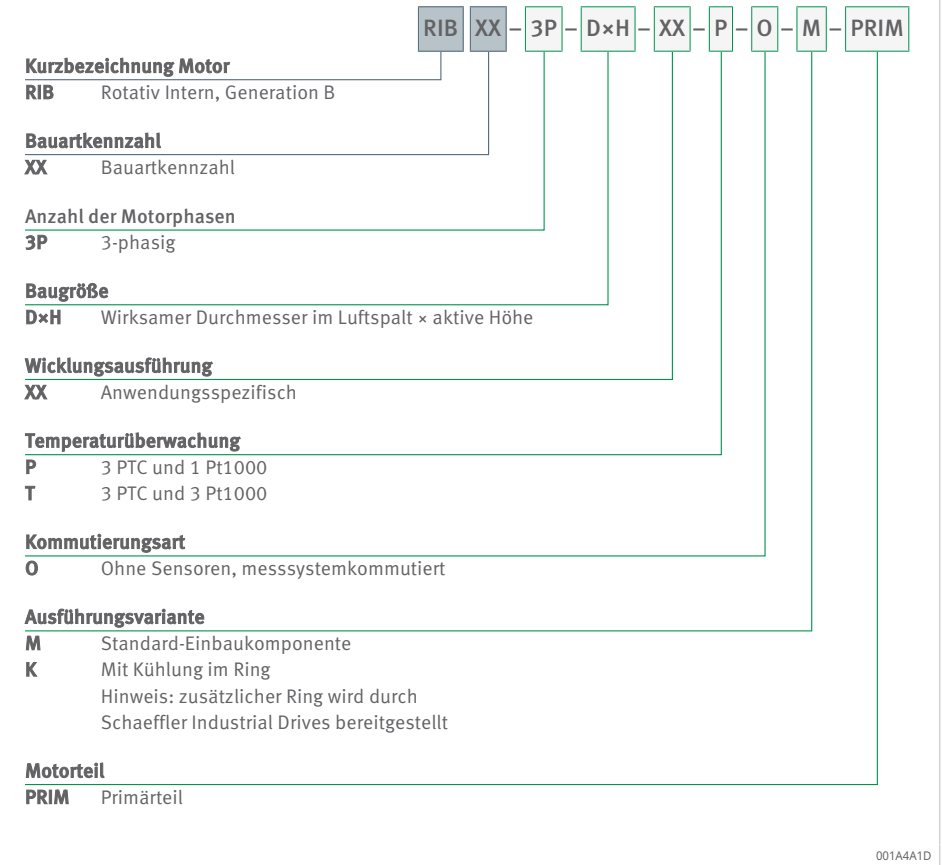
- verlustleistungsoptimiert
- hohe Dynamik und Steifigkeit
- kompakte Bauform
- wartungsfrei
- gute Gleichlaufeigenschaften
- reduzierter Energiebedarf durch umrichterorientierte und anwendungsorientierte Wicklungsauslegung
- Kosteneinsparungen durch Downsizing möglich
- höhere Maschinengenauigkeit durch geringeren Wärmeeintrag des Motors möglich

Anwendungen:

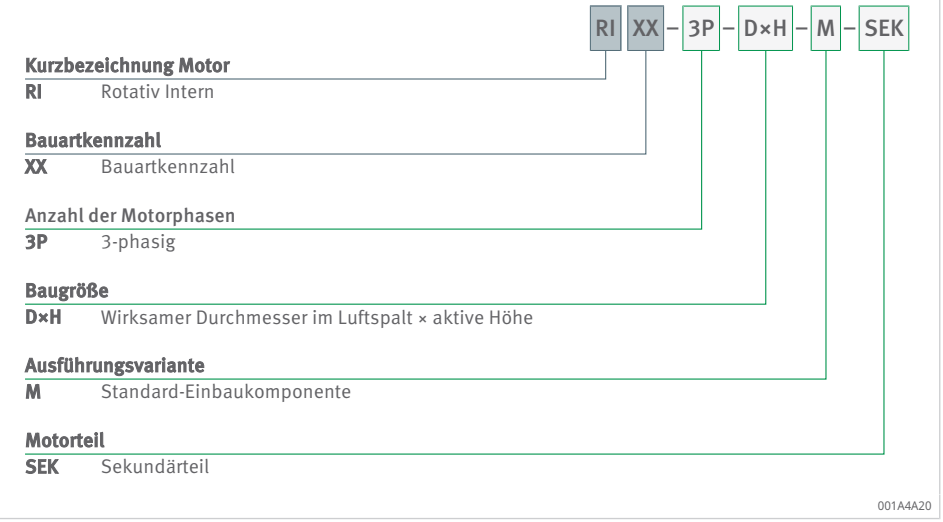
- Werkzeugmaschinen
- NC-Rundtische
- Index-Tische
- Radiale Präzisions-Nachführeinheiten
- Automatisierungstechnik
- Druckmaschinen
- Verpackungsmaschinen
- Servopressen

2.1 Typenschlüssel

19 RIB-Baureihe, Primärteil



20 RIB-Baureihe, Sekundärteil



2.2 Produkttabellen

2.2.1 Erläuterungen

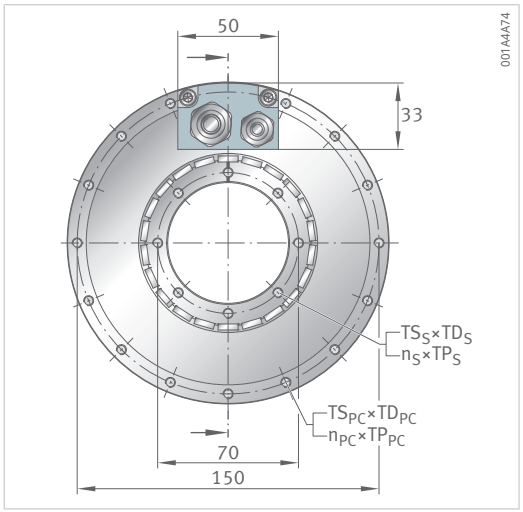
$\Delta\vartheta$	K	Temperaturdifferenz des Kühlwassers
dV/dt	l/min	Kühlwasserdurchfluss
F_a	kN	axiale Anziehungskraft
F_r	kN/mm	radiale Anziehungskraft
H_P	mm	Höhe Primärteil
H_S	mm	Höhe Sekundärteil
$I_{c\ eff}$	A	effektiver Nennstrom ungekühlt
$I_{cw\ eff}$	A	effektiver Nennstrom gekühlt
$I_{p\ eff}$	A	effektiver Spitzenstrom
$I_{sw\ eff}$	A	effektiver Stillstandsstrom gekühlt
$I_{u\ eff}$	A	effektiver Grenzstrom
J	kg · m²	Sekundärteil-Trägheitsmoment
k_m	Nm/√W	Motorkonstante
k_T	Nm/A	Momentenkonstante
$k_{\hat{u}}$	V/(rad/s)	Gegenspannungskonstante, Ph zu Ph
L	mH	Induktivität, Ph zu Ph
m_P	kg	Masse Primärteil
m_S	kg	Masse Sekundärteil
n_{lp}	min^{-1}	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}
n_{lw}	min^{-1}	Eckdrehzahl
n_{lwS1}	min^{-1}	Nenndrehzahl (S1) gekühlt
n_P	–	Gewindeanzahl Primärteil
n_{PC}	–	Gewindeanzahl Primärteil Kabelseite
n_S	–	Gewindeanzahl Sekundärteil
P	–	Polpaarzahl
P_{lc}	W	Verlustleistung bei T_c
P_{lp}	W	Verlustleistung bei T_p
P_{lw}	W	Verlustleistung bei T_{cw}
R_{20}	Ω	elektrischer Widerstand, Ph zu Ph
T_c	Nm	Nennmoment ungekühlt
T_{cog}	Nm	Rastmoment
T_{cw}	Nm	Nennmoment gekühlt
TD_P	mm	Gewindetiefe Primärteil
TD_{PC}	mm	Gewindetiefe Primärteil Kabelseite
TD_S	mm	Gewindetiefe Sekundärteil
T_p	Nm	Spitzenmoment
TP_P	°	Gewindeteilung Primärteil
TP_{PC}	°	Gewindeteilung Primärteil Kabelseite
TP_S	°	Gewindeteilung Sekundärteil
TS_P	–	Gewindegröße Primärteil
TS_{PC}	–	Gewindegröße Primärteil Kabelseite
TS_S	–	Gewindegröße Sekundärteil
T_{sw}	Nm	Stillstandsmoment gekühlt
T_u	Nm	Grenzmoment
U_{DCL}	V	Zwischenkreisspannung
ϑ_{nf}	°C	Nenn-Vorlauftemperatur
ϑ_{PTC}	°C	Abschaltschwelle Motortemperatur

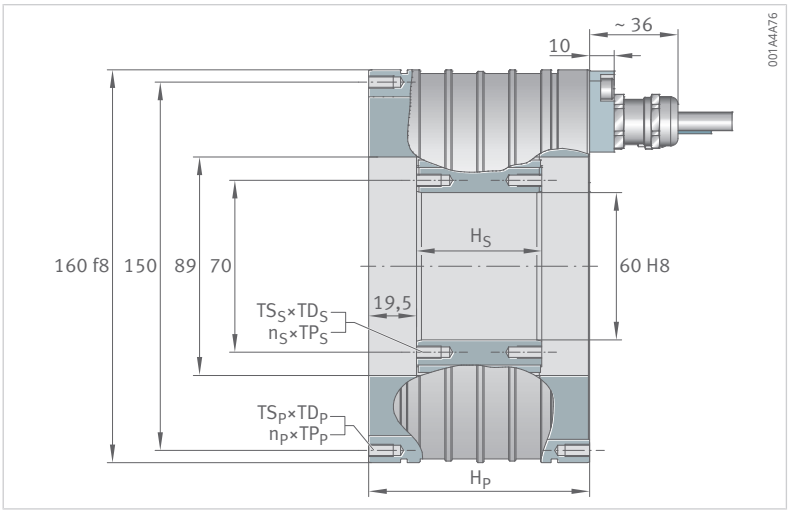
Toleranzbereich der Werte: ±10 %.

Verbindliche Daten und Zeichnungen werden auf Anfrage zur Verfügung gestellt. Für die Motorauslegung empfehlen wir die Unterstützung unserer Ingenieure.

2.2.2 RIB11-3P-89xH
Geometrische Daten

Baugröße			**89×25**
Masse Sekundärteil	m_S	kg	0,5
Masse Primärteil	m_P	kg	5,1
Höhe Sekundärteil	H_S	mm	26
Höhe Primärteil	H_P	mm	70
Gewinde Sekundärteil	$TS_S \times TD_S$	–	M5×10
Gewinde Sekundärteil, Anzahl×Teilung	$n_S \times TP_S$	°	8×45
Gewinde Primärteil Kabelseite	$TS_{PC} \times TD_{PC}$	–	M5×10
Gewinde Primärteil Kabelseite, Anzahl×Teilung	$n_{PC} \times TP_{PC}$	°	15×22,5
Gewinde Primärteil	$TS_P \times TD_P$	–	M5×10
Gewinde Primärteil, Anzahl×Teilung	$n_P \times TP_P$	°	16×22,5

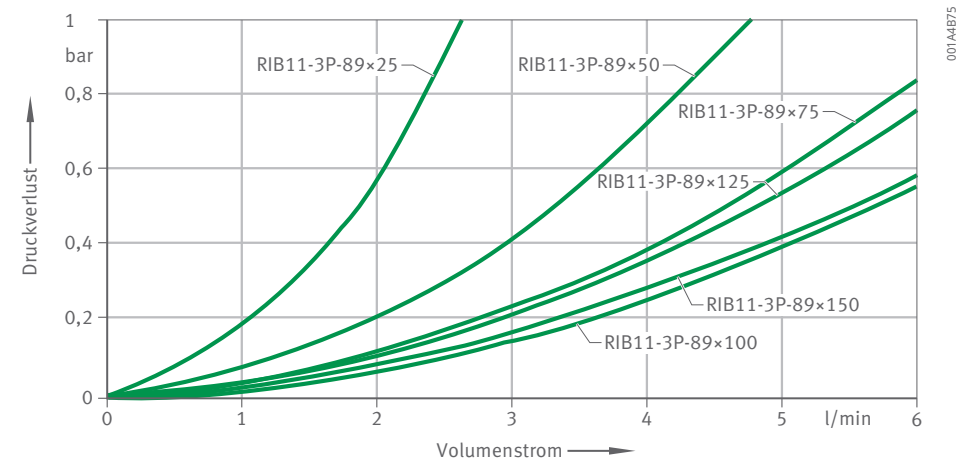




89×50	**89×75**	**89×100**	**89×125**	**89×150**
1,1	1,6	2,2	2,7	3,2
7,2	9,3	11,8	14,1	16,3
51	76	101	126	151
90	110	140	165	190
M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10
8×45	8×45	16×22,5	16×22,5	16×22,5
M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10
15×22,5	15×22,5	15×22,5	15×22,5	15×22,5
M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10
16×22,5	16×22,5	16×22,5	16×22,5	16×22,5

2.2.3 RIB11-3P-89xH
Leistungsdaten

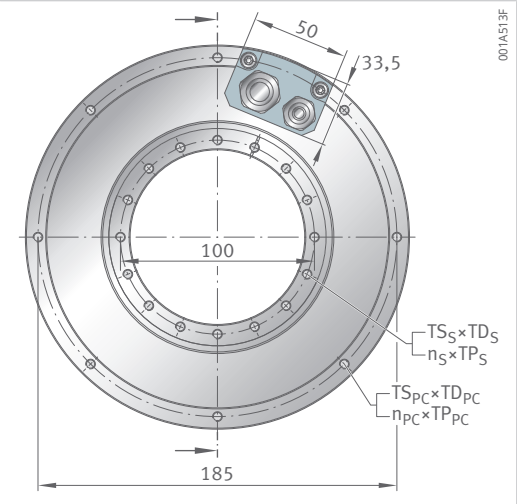
Baugröße				**89×25**	**89×25**	**89×50**
Wicklungsvariante				**Z0.9**	**Z1.7**	**Z0.9**
Drehmomente	Grenzmoment	T_u	Nm	33	33	72
	Spitzenmoment	T_p	Nm	30	30	67
	Nennmoment gekühlt	T_{cw}	Nm	19	19	42
	Nennmoment ungekühlt	T_c	Nm	7	7	15
	Stillstandsmoment gekühlt	T_{sw}	Nm	14	14	32
	Rastmoment	T_{cog}	Nm	0,1	0,1	0,21
Drehzahlen	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}	n_{lp}	min^{-1}	880	1829	438
	Eckdrehzahl	n_{lw}	min^{-1}	1668	3419	790
	Nenndrehzahl (S1) gekühlt	n_{lwS1}	min^{-1}	682	682	682
Ströme	effektiver Grenzstrom	$I_{u\ eff}$	A	21,1	42,2	21,1
	effektiver Spitzenstrom	$I_{p\ eff}$	A	16,9	33,8	16,9
	effektiver Nennstrom gekühlt	$I_{cw\ eff}$	A	7,7	15,4	8,4
	effektiver Nennstrom ungekühlt	$I_{c\ eff}$	A	2,5	5,1	2,9
	effektiver Stillstandsstrom gekühlt	$I_{sw\ eff}$	A	5,6	11,1	6,1
Verlustleistungen	Verlustleistung bei T_p	P_{lp}	W	1971	1971	2957
	Verlustleistung bei T_{cw}	P_{lw}	W	556	556	995
	Verlustleistung bei T_c	P_{lc}	W	44	44	89
Elektrische Kennwerte	Zwischenkreisspannung	U_{DCL}	V	600	600	600
	elektrischer Widerstand, Ph zu Ph	R_{20}	Ω	4,6	1,2	6,9
	Induktivität, Ph zu Ph	L	mH	25	6,3	47,5
	Gegenspannungskonstante, Ph zu Ph	$k_{\hat{u}}$	V/(rad/s)	2,1	1,1	4,2
Allgemeine Kennwerte	Polpaarzahl	P	–	11	11	11
	Motorkonstante	k_m	Nm/√W	0,99	0,99	1,61
	Momentenkonstante	k_T	Nm/A	2,6	1,3	5,2
	Abschaltschwelle Motortemperatur	ϑ_{PTC}	°C	110	110	110
	axiale Anziehungskraft	F_a	kN	0,1	0,1	0,1
	radiale Anziehungskraft	F_r	kN/mm	0,5	0,5	1
	Trägheitsmoment Sekundärteil	J	$kg \cdot m^2$	0,00075	0,00075	0,0015
Kühlbedingungen	Kühlwasserdurchfluss	dV/dt	l/min	1,6	1,6	2,9
	Nenn-Vorlauftemperatur	ϑ_{nf}	°C	20	20	20
	Temperaturdifferenz des Kühlwassers	$\Delta\vartheta$	K	5	5	5

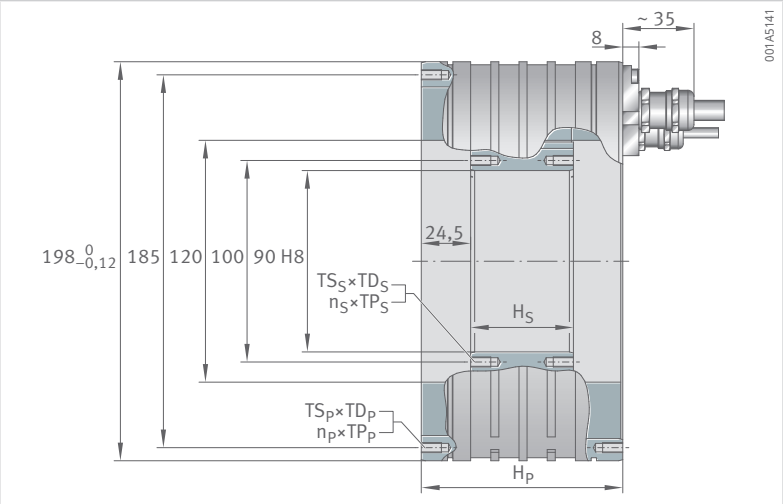


89×50	89×75	89×75	89×100	89×100	89×125	89×125	89×150	89×150
Z1.7	**Z0.9**	**Z1.7**	**Z1.4**	**Z2.7**	**Z1.4**	**Z2.7**	**Z1.4**	**Z2.7**
72	110	110	147	147	184	184	221	221
67	102	102	134	134	167	167	200	200
42	62	62	79	79	100	100	121	121
15	23	23	31	31	40	40	49	49
32	46	46	60	60	76	76	91	91
0,21	0,32	0,32	0,43	0,43	0,53	0,53	0,64	0,64
937	269	607	359	780	276	616	222	507
1647	512	1091	682	1430	532	1127	434	928
682	512	682	682	682	532	682	434	682
42,2	21,1	42,2	35,5	70,9	35,5	70,9	35,5	70,9
33,8	16,9	33,8	28,4	56,7	28,4	56,7	28,4	56,7
16,9	8,3	16,5	13,4	26,8	13,5	27,1	13,6	27,3
5,8	3	5,9	5	10	5,1	10,3	5,3	10,5
12,1	5,9	11,9	9,6	19,3	9,8	19,5	9,8	19,7
2957	4337	4337	5723	5723	6783	6783	7737	7737
995	1401	1401	1725	1725	2090	2090	2419	2419
89	133	133	177	177	221	221	266	266
600	600	600	600	600	600	600	600	600
1,7	10,1	2,5	4,7	1,2	5,6	1,4	6,4	1,6
11,9	71,3	17,8	33,7	8,4	42,1	10,5	50,5	12,6
2,1	6,4	3,2	5,1	2,5	6,3	3,2	7,6	3,8
11	11	11	11	11	11	11	11	11
1,61	2	2	2,32	2,32	2,67	2,67	3	3
2,6	7,8	3,9	6,2	3,1	7,7	3,9	9,3	4,6
110	110	110	110	110	110	110	110	110
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1	1,5	1,5	2	2	2,4	2,4	2,9	2,9
0,0015	0,00225	0,00225	0,003	0,003	0,00375	0,00375	0,0045	0,0045
2,9	4	4	4,9	4,9	6	6	6,9	6,9
20	20	20	20	20	20	20	20	20
5	5	5	5	5	5	5	5	5

2.2.4 RIB11-3P-120xH
Geometrische Daten

Baugröße			**120×25**
Masse Sekundärteil	m_S	kg	0,9
Masse Primärteil	m_P	kg	7,9
Höhe Sekundärteil	H_S	mm	26
Höhe Primärteil	H_P	mm	80
Gewinde Sekundärteil	$TS_S \times TD_S$	–	M5×10
Gewinde Sekundärteil, Anzahl×Teilung	$n_S \times TP_S$	°	16×22,5
Gewinde Primärteil Kabelseite	$TS_{PC} \times TD_{PC}$	–	M5×10
Gewinde Primärteil Kabelseite, Anzahl×Teilung	$n_{PC} \times TP_{PC}$	°	8×45
Gewinde Primärteil	$TS_P \times TD_P$	–	M5×10
Gewinde Primärteil, Anzahl×Teilung	$n_P \times TP_P$	°	8×45

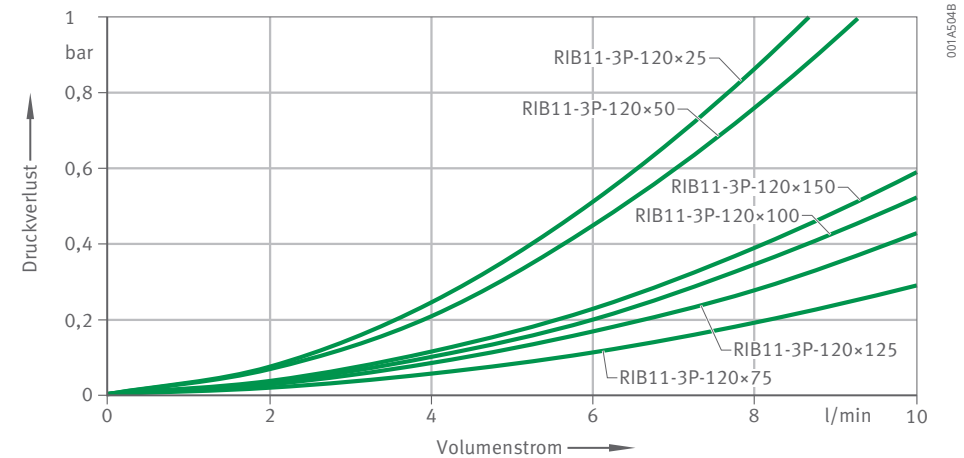




120×50	**120×75**	**120×100**	**120×125**	**120×150**
1,7	2,6	3,4	4,3	5,1
10,8	13,7	17,2	20,4	23,6
51	76	101	126	151
100	120	150	175	200
M5×10	M5×10	M6×10	M6×10	M6×10
16×22,5	16×22,5	16×22,5	16×22,5	16×22,5
M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10
8×45	8×45	15×22,5	15×22,5	15×22,5
M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10
8×45	8×45	16×22,5	16×22,5	16×22,5

2.2.5 RIB11-3P-120xH
Leistungsdaten

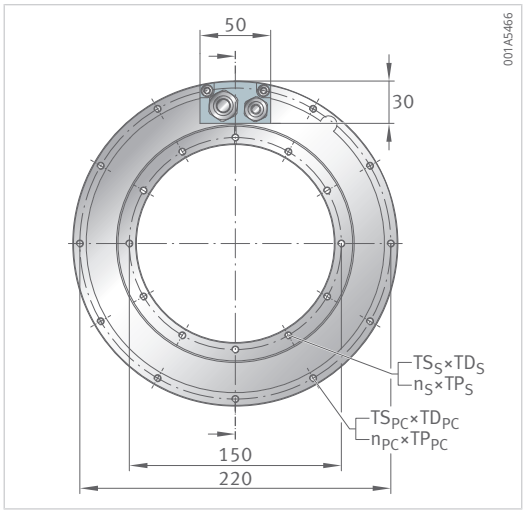
Baugröße				**120×25**	**120×25**	**120×50**
Wicklungsvariante				**Z0.7**	**Z1.5**	**Z1.5**
Drehmomente	Grenzmoment	T_u	Nm	68	68	157
	Spitzenmoment	T_p	Nm	62	62	139
	Nennmoment gekühlt	T_{cw}	Nm	32	32	77
	Nennmoment ungekühlt	T_c	Nm	10	10	26
	Stillstandsmoment gekühlt	T_{sw}	Nm	25	25	59
	Rastmoment	T_{cog}	Nm	0,21	0,21	0,42
Drehzahlen	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}	n_{lp}	min^{-1}	468	1002	509
	Eckdrehzahl	n_{lw}	min^{-1}	886	1843	849
	Nenndrehzahl (S1) gekühlt	n_{lwS1}	min^{-1}	682	682	682
Ströme	effektiver Grenzstrom	$I_{u\ eff}$	A	18	36,1	36,1
	effektiver Spitzenstrom	$I_{p\ eff}$	A	14,4	28,8	28,8
	effektiver Nennstrom gekühlt	$I_{cw\ eff}$	A	6,4	12,7	14,1
	effektiver Nennstrom ungekühlt	$I_{c\ eff}$	A	1,9	3,7	4,7
	effektiver Stillstandsstrom gekühlt	$I_{sw\ eff}$	A	4,8	9,6	10,6
Verlustleistungen	Verlustleistung bei T_p	P_{lp}	W	2472	2472	3794
	Verlustleistung bei T_{cw}	P_{lw}	W	651	651	1222
	Verlustleistung bei T_c	P_{lc}	W	41	41	102
Elektrische Kennwerte	Zwischenkreisspannung	U_{DCL}	V	600	600	600
	elektrischer Widerstand, Ph zu Ph	R_{20}	Ω	7,9	2	3
	Induktivität, Ph zu Ph	L	mH	51,4	12,8	23,5
	Gegenspannungskonstante, Ph zu Ph	$k_{\hat{u}}$	V/(rad/s)	4,2	2,1	4,6
Allgemeine Kennwerte	Polpaarzahl	P	–	11	11	11
	Motorkonstante	k_m	Nm/√W	1,51	1,51	2,62
	Momentenkonstante	k_T	Nm/A	5,2	2,6	5,6
	Abschaltschwelle Motortemperatur	ϑ_{PTC}	°C	110	110	110
	axiale Anziehungskraft	F_a	kN	0,16	0,16	0,16
	radiale Anziehungskraft	F_r	kN/mm	0,5	0,5	0,9
	Trägheitsmoment Sekundärteil	J	$kg \cdot m^2$	0,0023	0,0023	0,0046
Kühlbedingungen	Kühlwasserdurchfluss	dV/dt	l/min	1,9	1,9	3,5
	Nenn-Vorlauftemperatur	ϑ_{nf}	°C	20	20	20
	Temperaturdifferenz des Kühlwassers	$\Delta\vartheta$	K	5	5	5

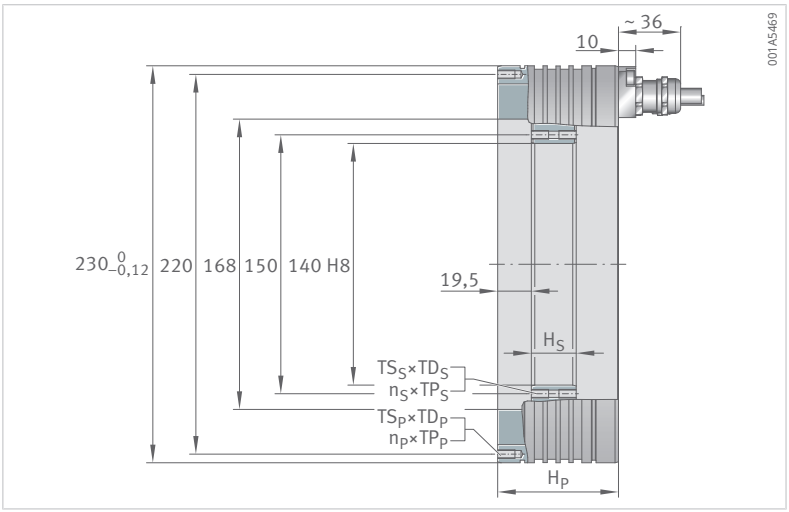


120×75	120×75	120×100	120×100	120×125	120×125	120×150	120×150
Z1.4	Z2.9	Z1.4	Z2.9	Z1.4	Z2.9	Z1.5	Z2.9
236	236	314	314	393	393	471	471
208	208	277	277	346	346	416	416
126	126	171	171	219	219	250	264
45	45	62	62	80	80	92	98
97	97	131	131	167	167	191	202
0,63	0,63	0,84	0,84	1,05	1,05	1,26	1,26
298	645	222	494	172	395	154	328
479	1005	356	758	276	598	260	495
479	682	356	682	276	598	260	495
32,2	64,5	32,2	64,5	32,2	64,5	36,1	64,5
25,8	51,6	25,8	51,6	25,8	51,6	28,8	51,6
13,7	27,5	13,9	27,9	14,3	28,6	15,2	28,8
4,8	9,6	5	10	5,1	10,2	5,5	10,4
10,3	20,6	10,5	20,9	10,7	21,4	11,4	21,6
4425	4425	5454	5454	6483	6483	8393	7512
1697	1697	2153	2153	2688	2688	3158	3158
153	153	205	205	256	256	307	307
600	600	600	600	600	600	600	600
4,4	1,1	5,5	1,4	6,5	1,6	6,7	1,9
42,8	10,7	54,1	13,5	66,2	16,5	62,1	19,4
7,7	3,8	10,2	5,1	12,8	6,4	13,7	7,7
11	11	11	11	11	11	11	11
3,63	3,63	4,36	4,36	5	5	5,28	5,58
9,4	4,7	12,5	6,2	15,6	7,8	16,8	9,4
110	110	110	110	110	110	110	110
0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
1,4	1,4	1,8	1,8	2,2	2,2	2,7	2,7
0,0069	0,0069	0,0091	0,0091	0,0114	0,0114	0,0136	0,0136
4,9	4,9	6,2	6,2	7,7	7,7	9	9
20	20	20	20	20	20	20	20
5	5	5	5	5	5	5	5

2.2.6 RIB17-3P-168xH
Geometrische Daten

Baugröße			**168×25**
Masse Sekundärteil	m_S	kg	1,2
Masse Primärteil	m_P	kg	7,2
Höhe Sekundärteil	H_S	mm	26
Höhe Primärteil	H_P	mm	70
Gewinde Sekundärteil	$TS_S \times TD_S$	–	M5×10
Gewinde Sekundärteil, Anzahl×Teilung	$n_S \times TP_S$	°	12×30
Gewinde Primärteil Kabelseite	$TS_{PC} \times TD_{PC}$	–	M5×10
Gewinde Primärteil Kabelseite, Anzahl×Teilung	$n_{PC} \times TP_{PC}$	°	11×30
Gewinde Primärteil	$TS_P \times TD_P$	–	M5×10
Gewinde Primärteil, Anzahl×Teilung	$n_P \times TP_P$	°	12×30

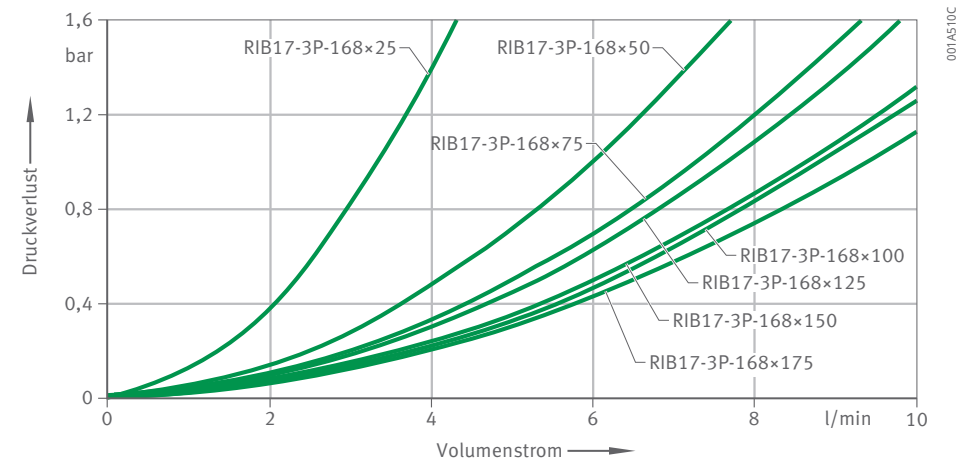




	168×50	168×75	168×100	168×125	168×150	168×175
	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4
	10,1	13,3	16,5	19,8	23	26,2
	51	76	101	126	151	176
	90	115	140	165	190	215
	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M6×10	M6×10
	12×30	24×15	24×15	24×15	24×15	24×15
	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10
	11×30	21×15	21×15	21×15	21×15	21×15
	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10
	12×30	24×15	24×15	24×15	24×15	24×15

2.2.7 RIB17-3P-168xH
Leistungsdaten

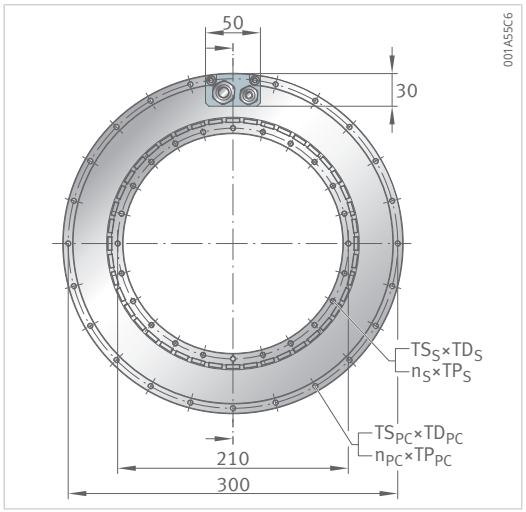
Baugröße				**168×25**	**168×25**	**168×50**	**168×50**
Wicklungsvariante				**Z0.7**	**Z1.4**	**Z0.7**	**Z1.4**
Drehmomente	Grenzmoment	T_u	Nm	130	130	272	272
	Spitzenmoment	T_p	Nm	112	112	233	233
	Nennmoment gekühlt	T_{cw}	Nm	58	58	123	123
	Nennmoment ungekühlt	T_c	Nm	16	16	37	37
	Stillstandsmoment gekühlt	T_{sw}	Nm	43	43	90	90
	Rastmoment	T_{cog}	Nm	0,59	0,59	1,16	1,16
Drehzahlen	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}	n_{lp}	min^{-1}	337	757	150	376
	Eckdrehzahl	n_{lw}	min^{-1}	585	1242	272	602
	Nenndrehzahl (S1) gekühlt	n_{lwS1}	min^{-1}	441	441	272	441
Ströme	effektiver Grenzstrom	$I_{u\ eff}$	A	19,3	38,7	19,3	38,7
	effektiver Spitzenstrom	$I_{p\ eff}$	A	15,5	30,9	15,5	30,9
	effektiver Nennstrom gekühlt	$I_{cw\ eff}$	A	6,9	13,8	7,2	14,5
	effektiver Nennstrom ungekühlt	$I_{c\ eff}$	A	1,9	3,7	2,2	4,3
	effektiver Stillstandsstrom gekühlt	$I_{sw\ eff}$	A	5	10	5,3	10,5
Verlustleistungen	Verlustleistung bei T_p	P_{lp}	W	3402	3402	5053	5053
	Verlustleistung bei T_{cw}	P_{lw}	W	912	912	1487	1487
	Verlustleistung bei T_c	P_{lc}	W	50	50	99	99
Elektrische Kennwerte	Zwischenkreisspannung	U_{DCL}	V	600	600	600	600
	elektrischer Widerstand, Ph zu Ph	R_{20}	Ω	9,5	2,4	14,1	3,5
	Induktivität, Ph zu Ph	L	mH	37,3	9,3	69,3	17,3
	Gegenspannungskonstante, Ph zu Ph	$k_{\hat{u}}$	V/(rad/s)	6,9	3,5	14	7
Allgemeine Kennwerte	Polpaarzahl	P	–	17	17	17	17
	Motorkonstante	k_m	Nm/√W	2,25	2,25	3,73	3,73
	Momentenkonstante	k_T	Nm/A	8,5	4,2	17,1	8,6
	Abschaltschwelle Motortemperatur	ϑ_{PTC}	°C	110	110	110	110
	axiale Anziehungskraft	F_a	kN	0,28	0,28	0,28	0,28
	radiale Anziehungskraft	F_r	kN/mm	1	1	2	2
	Trägheitsmoment Sekundärteil	J	$kg \cdot m^2$	0,0071	0,0071	0,0141	0,0141
Kühlbedingungen	Kühlwasserdurchfluss	dV/dt	l/min	2,6	2,6	4,3	4,3
	Nenn-Vorlauftemperatur	ϑ_{nf}	°C	20	20	20	20
	Temperaturdifferenz des Kühlwassers	$\Delta\vartheta$	K	5	5	5	5

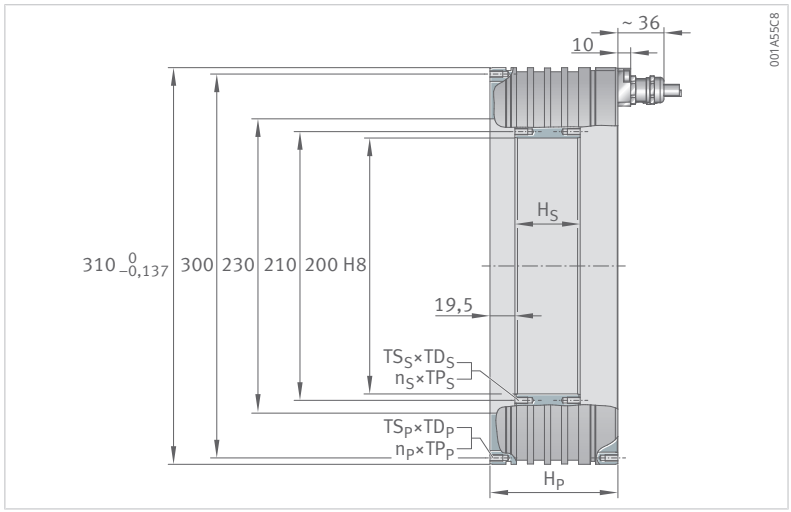


168×75	168×75	168×100	168×100	168×125	168×125	168×150	168×150	168×175	168×175
Z1.8	**Z3.4**	**Z1.8**	**Z3.4**	**Z1.8**	**Z3.4**	**Z1.8**	**Z3.4**	**Z1.8**	**Z3.4**
408	408	544	544	690	690	816	816	951	951
350	350	467	467	591	591	700	700	817	817
185	185	249	249	305	305	372	372	429	429
58	58	80	80	100	100	126	126	144	144
137	137	184	184	221	221	273	273	314	314
1,69	1,69	2,25	2,25	2,81	2,81	3,57	3,57	3,94	3,94
314	688	227	516	162	381	131	322	100	265
504	1061	370	790	282	611	231	509	191	430
441	441	370	441	282	441	231	441	191	430
48,6	97,3	48,6	97,3	48,6	97,3	48,6	97,3	48,6	97,3
38,9	77,8	38,9	77,8	38,9	77,8	38,9	77,8	38,9	77,8
18,4	36,8	18,6	37,3	18,3	36,5	18,4	36,7	18,2	36,3
5,7	11,4	5,9	11,8	6	11,9	6,2	12,3	6	12,1
13,4	26,7	13,5	27	13,3	26,5	13,3	26,7	13,2	26,4
6975	6975	8643	8643	10579	10579	11914	11914	14450	14450
2098	2098	2662	2662	3131	3131	3564	3564	4226	4226
149	149	199	199	249	249	298	298	348	348
600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
3,1	0,8	3,8	1	4,7	1,2	5,2	1,3	6,4	1,6
16,1	4	20,8	5,2	28,6	7,1	32,3	8,1	37,8	9,5
8,3	4,2	11,1	5,6	13,6	6,8	16,7	8,4	19,5	9,7
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
4,76	4,76	5,71	5,71	6,32	6,32	7,29	7,29	7,72	7,72
10,2	5,1	13,6	6,8	16,7	8,4	20,5	10,2	23,9	11,9
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
3	3	3,9	3,9	4,9	4,9	5,9	5,9	6,8	6,8
0,0211	0,0211	0,0282	0,0282	0,0353	0,0353	0,0424	0,0424	0,0494	0,0494
6	6	7,8	7,8	9	9	10,3	10,3	12,5	12,5
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

2.2.8 RIB11-3P-230xH
Geometrische Daten

Baugröße			**230×25**
Masse Sekundärteil	m_S	kg	1,8
Masse Primärteil	m_P	kg	13,2
Höhe Sekundärteil	H_S	mm	26
Höhe Primärteil	H_P	mm	80
Gewinde Sekundärteil	$TS_S \times TD_S$	–	M5×10
Gewinde Sekundärteil, Anzahl×Teilung	$n_S \times TP_S$	°	24×15
Gewinde Primärteil Kabelseite	$TS_{PC} \times TD_{PC}$	–	M5×10
Gewinde Primärteil Kabelseite, Anzahl×Teilung	$n_{PC} \times TP_{PC}$	°	23×15
Gewinde Primärteil	$TS_P \times TD_P$	–	M5×10
Gewinde Primärteil, Anzahl×Teilung	$n_P \times TP_P$	°	24×15

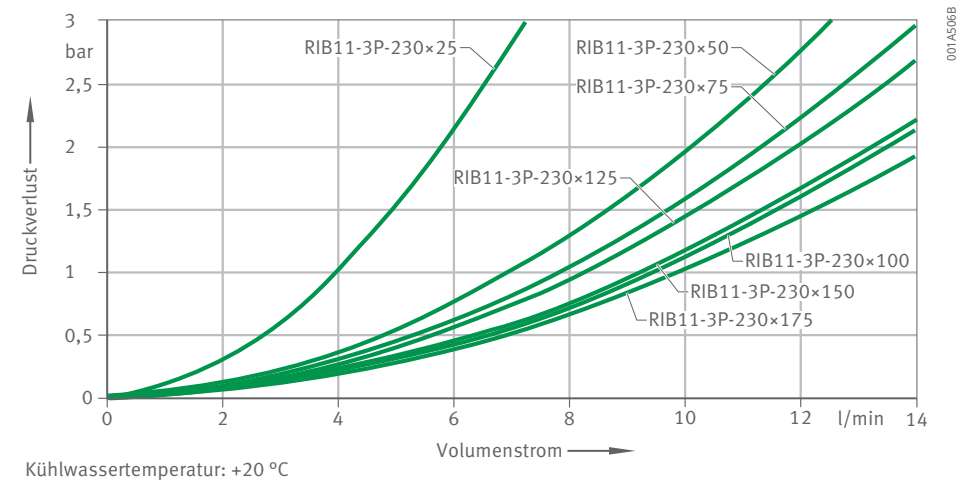




	230×50	**230×75**	**230×100**	**230×125**	**230×150**	**230×175**
	3,5	5,3	7	8,8	10,5	12,3
	17,9	22,7	28,4	33,7	39	44,4
	51	76	101	126	151	176
	100	120	150	175	200	225
	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10
	24×15	24×15	48×7,5	48×7,5	48×7,5	48×7,5
	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10
	23×15	23×15	45×7,5	45×7,5	45×7,5	45×7,5
	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10	M5×10
	24×15	24×15	48×7,5	48×7,5	48×7,5	48×7,5

2.2.9 RIB11-3P-230xH
Leistungsdaten

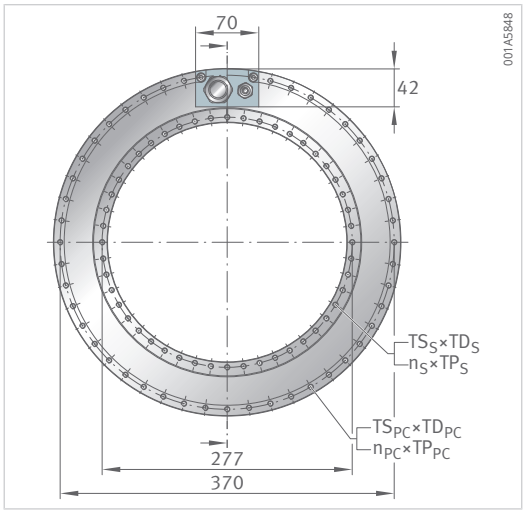
Baugröße				**230×25**	**230×25**	**230×50**	**230×50**
Wicklungsvariante				**Z1.8**	**Z3.3**	**Z1.8**	**Z3.3**
Drehmomente	Grenzmoment	T_u	Nm	239	239	501	501
	Spitzenmoment	T_p	Nm	219	219	457	457
	Nennmoment gekühlt	T_{cw}	Nm	130	130	277	277
	Nennmoment ungekühlt	T_c	Nm	39	39	92	92
	Stillstandsmoment gekühlt	T_{sw}	Nm	106	106	225	225
	Rastmoment	T_{cog}	Nm	0,42	0,42	0,83	0,83
Drehzahlen	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}	n_{lp}	min^{-1}	312	655	141	306
	Eckdrehzahl	n_{lw}	min^{-1}	555	1143	255	534
	Nenndrehzahl (S1) gekühlt	n_{lwS1}	min^{-1}	341	341	255	341
Ströme	effektiver Grenzstrom	$I_{u\ eff}$	A	42,7	85,4	42,7	85,4
	effektiver Spitzenstrom	$I_{p\ eff}$	A	34,2	68,3	34,2	68,3
	effektiver Nennstrom gekühlt	$I_{cw\ eff}$	A	16,3	32,6	16,8	33,6
	effektiver Nennstrom ungekühlt	$I_{c\ eff}$	A	4,3	8,7	5	10,1
	effektiver Stillstandsstrom gekühlt	$I_{sw\ eff}$	A	12,4	24,8	12,8	25,5
Verlustleistungen	Verlustleistung bei T_p	P_{lp}	W	4252	4252	6336	6336
	Verlustleistung bei T_{cw}	P_{lw}	W	1337	1337	2114	2114
	Verlustleistung bei T_c	P_{lc}	W	69	69	137	137
Elektrische Kennwerte	Zwischenkreisspannung	U_{DCL}	V	600	600	600	600
	elektrischer Widerstand, Ph zu Ph	R_{20}	Ω	2,4	0,6	3,6	0,9
	Induktivität, Ph zu Ph	L	mH	16,5	4,1	34,6	8,7
	Gegenspannungskonstante, Ph zu Ph	$k_{\hat{u}}$	V/(rad/s)	7,3	3,6	15	7,5
Allgemeine Kennwerte	Polpaarzahl	P	–	22	22	22	22
	Motorkonstante	k_m	Nm/√W	4,66	4,66	7,87	7,87
	Momentenkonstante	k_T	Nm/A	8,9	4,4	18,3	9,2
	Abschaltschwelle Motortemperatur	ϑ_{PTC}	°C	120	120	120	120
	axiale Anziehungskraft	F_a	kN	0,35	0,35	0,35	0,35
	radiale Anziehungskraft	F_r	kN/mm	1	1	2	2
	Trägheitsmoment Sekundärteil	J	$kg \cdot m^2$	0,0192	0,0192	0,0384	0,0384
Kühlbedingungen	Kühlwasserdurchfluss	dV/dt	l/min	3,9	3,9	6,1	6,1
	Nenn-Vorlauftemperatur	ϑ_{nf}	°C	20	20	20	20
	Temperaturdifferenz des Kühlwassers	$\Delta\vartheta$	K	5	5	5	5

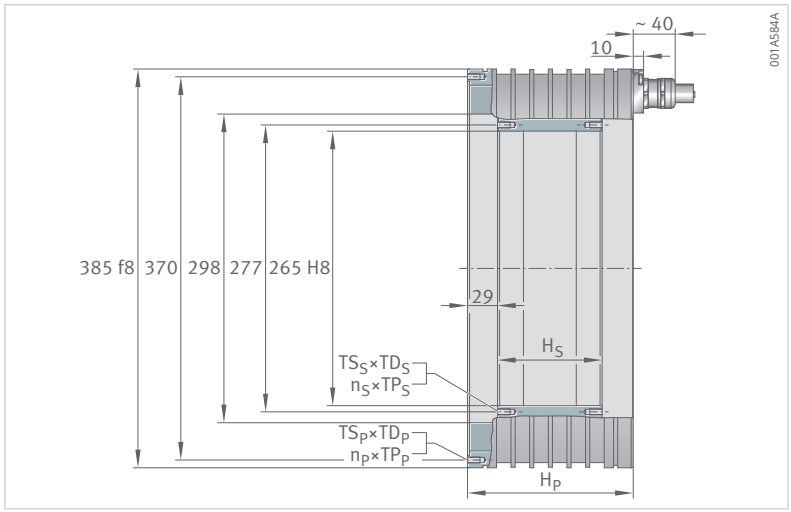


230×75	230×75	230×100	230×100	230×125	230×125	230×150	230×150	230×175	230×175
Z1.8	**Z3.3**	**Z1.8**	**Z3.3**	**Z3.0**	**Z4.5**	**Z3.0**	**Z4.5**	**Z3.0**	**Z4.5**
774	774	1032	1032	1289	1289	1550	1550	1809	1809
703	703	938	938	1172	1172	1409	1409	1644	1644
422	422	567	567	702	702	852	852	997	997
147	147	202	202	254	254	312	312	368	368
342	342	460	460	569	569	691	691	808	808
1,25	1,25	1,67	1,67	2,08	2,08	2,5	2,5	2,92	2,92
91	205	65	155	103	230	82	188	67	159
166	355	122	266	182	386	148	317	124	269
166	341	122	266	182	341	148	317	124	269
42,7	85,4	42,7	85,4	74,7	149,4	74,7	149,4	74,7	149,4
34,2	68,3	34,2	68,3	59,8	119,6	59,8	119,6	59,8	119,6
17,1	34,2	17,2	34,4	29,8	59,6	30,1	60,2	30,2	60,4
5,4	10,7	5,5	11,1	9,7	19,5	9,9	19,9	10	20,1
13	26	13,1	26,2	22,7	45,3	22,9	45,8	23	45,9
8379	8379	10463	10463	12941	12941	14916	14916	17017	17017
2891	2891	3668	3668	4445	4445	5222	5222	5999	5999
206	206	274	274	343	343	411	411	480	480
600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
4,8	1,2	6	1,5	2,4	0,6	2,8	0,7	3,2	0,8
49,9	12,5	63,4	15,8	25,3	6,3	30,5	7,6	35,6	8,9
22,4	11,2	29,9	14,9	21,3	10,7	25,7	12,8	29,9	15
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
10,25	10,25	12,22	12,22	13,74	13,74	15,39	15,39	16,81	16,81
27,5	13,7	36,6	18,3	26,1	13,1	31,4	15,7	36,7	18,3
120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
0,0576	0,0576	0,0768	0,0768	0,096	0,096	0,1152	0,1152	0,1344	0,1344
8,3	8,3	10,5	10,5	12,7	12,7	15	15	17,2	17,2
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

2.2.10 RIB13-3P-298xH
Geometrische Daten

Baugröße			**298×25**	**298×50**
Masse Sekundärteil	m_S	kg	2,6	5,1
Masse Primärteil	m_P	kg	20,9	28,2
Höhe Sekundärteil	H_S	mm	26	51
Höhe Primärteil	H_P	mm	90	110
Gewinde Sekundärteil	$TS_S \times TD_S$	–	M6×12	M6×12
Gewinde Sekundärteil, Anzahl×Teilung	$n_S \times TP_S$	°	24×15	24×15
Gewinde Primärteil Kabelseite	$TS_{PC} \times TD_{PC}$	–	M6×12	M6×12
Gewinde Primärteil Kabelseite, Anzahl×Teilung	$n_{PC} \times TP_{PC}$	°	23×15	23×15
Gewinde Primärteil	$TS_P \times TD_P$	–	M6×12	M6×12
Gewinde Primärteil, Anzahl×Teilung	$n_P \times TP_P$	°	24×15	24×15

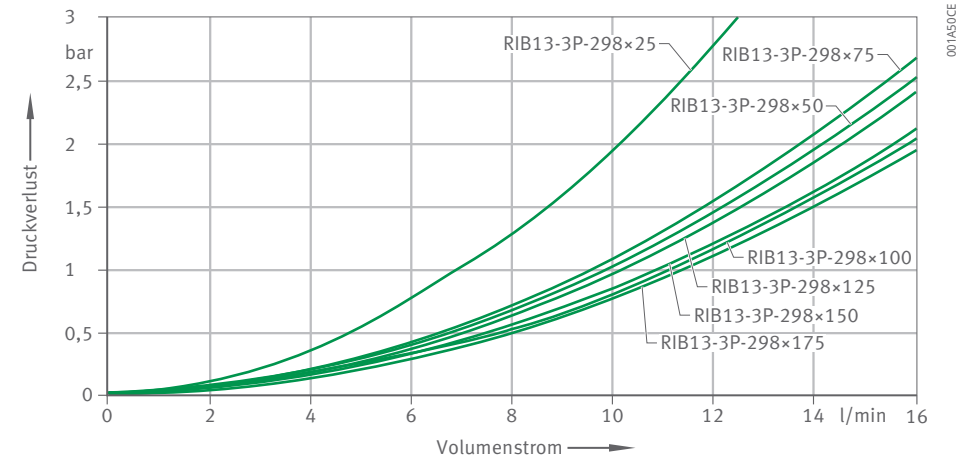




	298×75	**298×100**	**298×125**	**298×150**	**298×175**
	7,7	10,2	12,8	15,3	17,9
	35,2	44,2	51,9	59,7	67,6
	76	101	126	151	176
	130	160	185	210	235
	M6×12	M6×12	M6×12	M6×12	M6×12
	24×15	48×7,5	48×7,5	48×7,5	48×7,5
	M6×12	M6×12	M6×12	M6×12	M6×12
	23×15	45×7,5	45×7,5	45×7,5	45×7,5
	M6×12	M6×12	M6×12	M6×12	M6×12
	24×15	48×7,5	48×7,5	48×7,5	48×7,5

2.2.11 RIB13-3P-298xH
Leistungsdaten

Baugröße				**298×25**	**298×25**	**298×25**	**298×50**	**298×50**
Wicklungsvariante				**Z1.7**	**Z2.9**	**Z3.8**	**Z1.7**	**Z2.9**
Drehmomente	Grenzmoment	T_u	Nm	353	353	353	754	754
	Spitzenmoment	T_p	Nm	312	312	312	664	664
	Nennmoment gekühlt	T_{cw}	Nm	177	183	180	421	434
	Nennmoment ungekühlt	T_c	Nm	60	62	61	144	148
	Stillstandsmoment gekühlt	T_{sw}	Nm	140	144	142	332	343
	Rastmoment	T_{cog}	Nm	0,42	0,42	0,42	0,83	0,83
Drehzahlen	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}	n_{lp}	min^{-1}	242	408	695	121	208
	Eckdrehzahl	n_{lw}	min^{-1}	393	644	1097	181	300
	Nenndrehzahl (S1) gekühlt	n_{lwS1}	min^{-1}	288	288	288	189	288
Ströme	effektiver Grenzstrom	$I_{u\ eff}$	A	37,1	60	100	37,1	60
	effektiver Spitzenstrom	$I_{p\ eff}$	A	29,7	48	80	29,7	48
	effektiver Nennstrom gekühlt	$I_{cw\ eff}$	A	15,3	25,5	41,8	17,2	28,7
	effektiver Nennstrom ungekühlt	$I_{c\ eff}$	A	5	8,3	13,6	5,6	9,3
	effektiver Stillstandsstrom gekühlt	$I_{sw\ eff}$	A	11,5	19,1	31,4	12,9	21,5
Verlustleistungen	Verlustleistung bei T_p	P_{lp}	W	3770	3542	3654	4795	4506
	Verlustleistung bei T_{cw}	P_{lw}	W	1350	1350	1350	2178	2178
	Verlustleistung bei T_c	P_{lc}	W	105	105	105	170	170
Elektrische Kennwerte	Zwischenkreisspannung	U_{DCL}	V	600	600	600	600	600
	elektrischer Widerstand, Ph zu Ph	R_{20}	Ω	2,8	1	0,4	3,6	1,3
	Induktivität, Ph zu Ph	L	mH	20,2	7,7	2,8	37,6	14,4
	Gegenspannungskonstante, Ph zu Ph	$k_{\hat{u}}$	V/(rad/s)	10	6,2	3,7	21	13
Allgemeine Kennwerte	Polpaarzahl	P	–	26	26	26	26	26
	Motorkonstante	k_m	Nm/√W	5,9	6,09	6	11,03	11,38
	Momentenkonstante	k_T	Nm/A	12,2	7,5	4,5	25,7	15,9
	Abschaltschwelle Motortemperatur	ϑ_{PTC}	°C	110	110	110	110	110
	axiale Anziehungskraft	F_a	kN	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
	radiale Anziehungskraft	F_r	kN/mm	1,3	1,3	1,3	2,6	2,6
	Trägheitsmoment Sekundärteil	J	$kg \cdot m^2$	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1
Kühlbedingungen	Kühlwasserdurchfluss	dV/dt	l/min	3,9	3,9	3,9	6,4	6,4
	Nenn-Vorlauftemperatur	ϑ_{nf}	°C	20	20	20	20	20
	Temperaturdifferenz des Kühlwassers	$\Delta\vartheta$	K	5	5	5	5	5

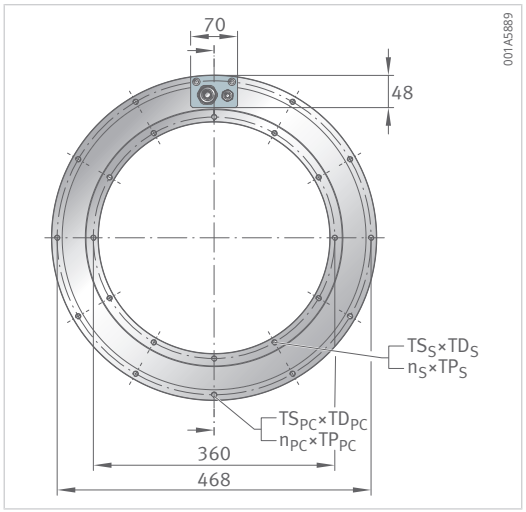


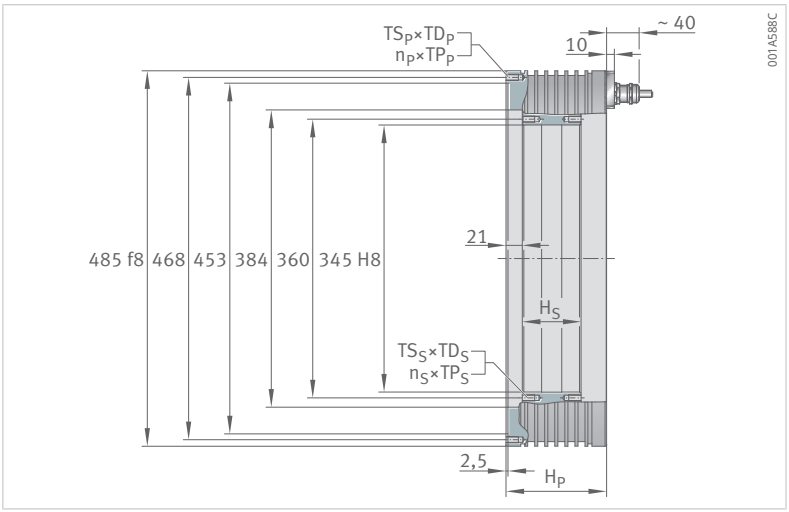
Kühlwassertemperatur: +20 °C

298×50	298×75	298×75	298×75	298×100	298×100	298×100	298×125	298×125	298×150	298×150	298×175	298×175
Z3.8	**Z1.7**	**Z2.9**	**Z3.8**	**Z1.7**	**Z2.9**	**Z3.8**	**Z2.9**	**Z3.8**	**Z2.9**	**Z3.8**	**Z2.9**	**Z3.8**
754	1130	1130	1130	1507	1507	1507	1884	1884	2261	2261	2637	2637
664	996	996	996	1328	1328	1328	1660	1660	1992	1992	2324	2324
427	631	651	641	852	879	865	1101	1084	1317	1296	1552	1528
146	247	254	250	343	354	349	455	448	557	549	659	649
337	488	503	496	659	680	669	852	839	1019	1003	1200	1182
0,83	1,25	1,25	1,25	1,67	1,67	1,67	2,08	2,08	2,5	2,5	2,92	2,92
357	80	144	252	56	105	186	82	148	66	122	55	103
516	121	205	356	86	150	262	118	209	97	173	81	146
288	121	205	288	86	150	262	118	209	97	173	81	146
100	37,1	60	100	37,1	60	100	60	100	60	100	60	100
80	29,7	48	80	29,7	48	80	48	80	48	80	48	80
47,1	17,2	28,7	47,1	17,5	29,1	47,7	29,2	47,9	29,1	47,7	29,4	48,2
15,3	6,4	10,7	17,5	6,7	11,1	18,3	11,5	18,8	11,7	19,2	11,9	19,5
35,3	12,9	21,5	35,4	13,1	21,8	35,8	21,9	35,9	21,8	35,8	22	36,1
4647	6785	6376	6577	8293	7793	8038	9210	9500	10627	10961	12044	12422
2178	3085	3085	3085	3867	3867	3867	4593	4593	5262	5262	6085	6085
170	315	315	315	420	420	420	525	525	629	629	734	734
600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
0,5	5,1	1,8	0,7	6,3	2,3	0,8	2,7	1	3,1	1,1	3,5	1,3
5,2	50,4	19,3	7	67,2	25,8	9,3	31,5	11,4	37,5	13,5	43,3	15,6
7,8	31,4	19,5	11,7	41,9	26	15,6	32,4	19,5	38,9	23,4	45,4	27,3
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
11,2	13,9	14,33	14,11	16,76	17,29	17,02	19,88	19,57	22,21	21,87	24,34	23,96
9,5	38,5	23,8	14,3	51,4	31,8	19,1	39,7	23,8	47,7	28,6	55,6	33,4
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
2,6	3,8	3,8	3,8	5,1	5,1	5,1	6,4	6,4	7,6	7,6	8,9	8,9
0,1	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3	0,35	0,35
6,4	8,8	8,8	8,8	11,1	11,1	11,1	13,2	13,2	15,1	15,1	17,4	17,4
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

2.2.12 RIB11-3P-384xH
Geometrische Daten

Baugröße			**384×25**
Masse Sekundärteil	m_S	kg	4
Masse Primärteil	m_P	kg	30,3
Höhe Sekundärteil	H_S	mm	26
Höhe Primärteil	H_P	mm	90
Gewinde Sekundärteil	$TS_S \times TD_S$	–	M8×16
Gewinde Sekundärteil, Anzahl×Teilung	$n_S \times TP_S$	°	12×30
Gewinde Primärteil Kabelseite	$TS_{PC} \times TD_{PC}$	–	M8×16
Gewinde Primärteil Kabelseite, Anzahl×Teilung	$n_{PC} \times TP_{PC}$	°	11×30
Gewinde Primärteil	$TS_P \times TD_P$	–	M8×16
Gewinde Primärteil, Anzahl×Teilung	$n_P \times TP_P$	°	12×30

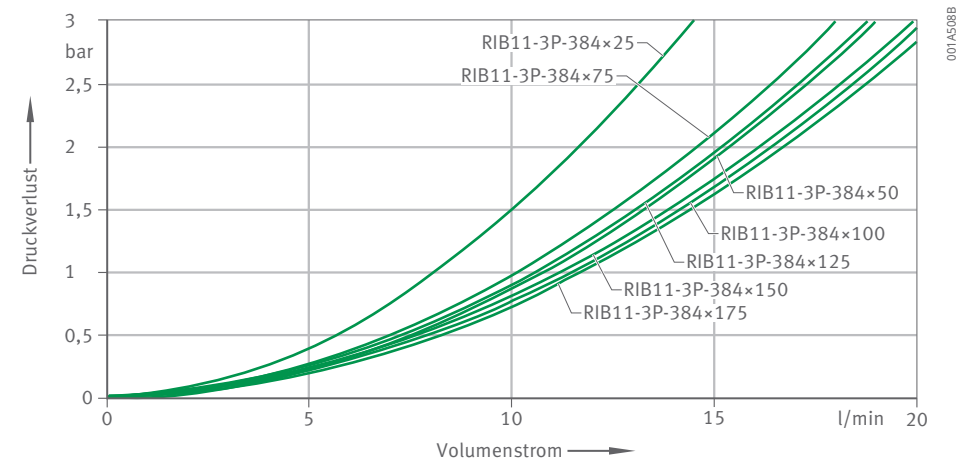




	384×50	**384×75**	**384×100**	**384×125**	**384×150**	**384×175**
	8	12	16	20	24	28
	41	52	65,7	78,6	91,4	104,1
	51	76	101	126	151	176
	110	130	160	185	210	235
	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16
	12×30	12×30	24×15	24×15	24×15	48×7,5
	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16
	11×30	11×30	23×15	23×15	23×15	45×7,5
	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16
	12×30	12×30	24×15	24×15	24×15	48×7,5

2.2.13 RIB11-3P-384xH
Leistungsdaten

Baugröße				**384×25**	**384×25**	**384×25**	**384×50**	**384×50**
Wicklungsvariante				**Z1.7**	**Z2.5**	**Z3.7**	**Z1.7**	**Z2.5**
Drehmomente	Grenzmoment	T_u	Nm	573	573	573	1182	1182
	Spitzenmoment	T_p	Nm	512	512	512	1057	1057
	Nennmoment gekühlt	T_{cw}	Nm	307	307	302	655	655
	Nennmoment ungekühlt	T_c	Nm	97	97	95	233	233
	Stillstandsmoment gekühlt	T_{sw}	Nm	233	233	230	498	498
	Rastmoment	T_{cog}	Nm	1,54	1,54	1,54	3,07	3,07
Drehzahlen	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}	n_{lp}	min^{-1}	117	183	335	62	101
	Eckdrehzahl	n_{lw}	min^{-1}	213	328	599	108	169
	Nenndrehzahl (S1) gekühlt	n_{lwS1}	min^{-1}	213	227	227	108	169
Ströme	effektiver Grenzstrom	$I_{u\ eff}$	A	40,7	61,1	108,4	40,7	61,1
	effektiver Spitzenstrom	$I_{p\ eff}$	A	32,6	48,9	86,7	32,6	48,9
	effektiver Nennstrom gekühlt	$I_{cw\ eff}$	A	16,3	24,5	42,7	16,9	25,3
	effektiver Nennstrom ungekühlt	$I_{c\ eff}$	A	4,7	7	12,3	5,5	8,2
	effektiver Stillstandsstrom gekühlt	$I_{sw\ eff}$	A	11,8	17,6	30,8	12,2	18,2
Verlustleistungen	Verlustleistung bei T_p	P_{lp}	W	5163	5163	5327	7599	7599
	Verlustleistung bei T_{cw}	P_{lw}	W	1737	1737	1737	2735	2735
	Verlustleistung bei T_c	P_{lc}	W	107	107	107	213	213
Elektrische Kennwerte	Zwischenkreisspannung	U_{DCL}	V	600	600	600	600	600
	elektrischer Widerstand, Ph zu Ph	R_{20}	Ω	3,2	1,4	0,5	4,8	2,1
	Induktivität, Ph zu Ph	L	mH	30,8	13,7	4,3	50,4	22,4
	Gegenspannungskonstante, Ph zu Ph	$k_{\hat{u}}$	V/(rad/s)	16,9	11,3	6,3	34,8	23,2
Allgemeine Kennwerte	Polpaarzahl	P	–	33	33	33	33	33
	Motorkonstante	k_m	Nm/√W	9,38	9,38	9,23	15,95	15,95
	Momentenkonstante	k_T	Nm/A	20,7	13,8	7,8	42,7	28,4
	Abschaltschwelle Motortemperatur	ϑ_{PTC}	°C	110	110	110	110	110
	axiale Anziehungskraft	F_a	kN	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
	radiale Anziehungskraft	F_r	kN/mm	1,8	1,8	1,8	3,6	3,6
	Trägheitsmoment Sekundärteil	J	$kg \cdot m^2$	0,13	0,13	0,13	0,26	0,26
Kühlbedingungen	Kühlwasserdurchfluss	dV/dt	l/min	5	5	5	7,8	7,8
	Nenn-Vorlauftemperatur	ϑ_{nf}	°C	20	20	20	20	20
	Temperaturdifferenz des Kühlwassers	$\Delta\vartheta$	K	5	5	5	5	5

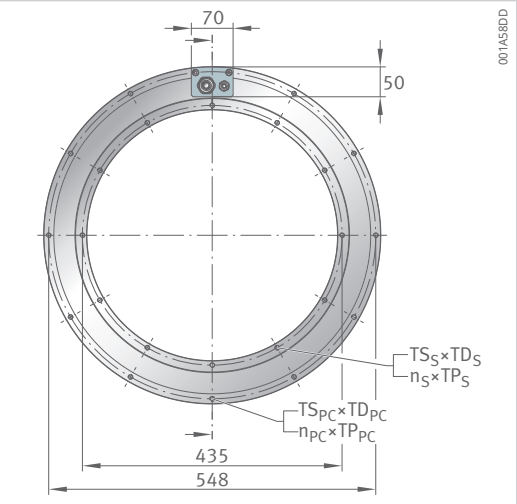


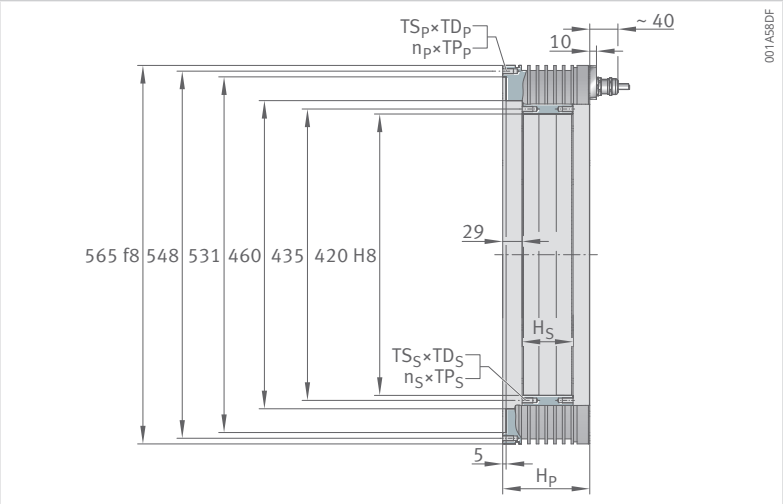
Kühlwassertemperatur: +20 °C

384×50	384×75	384×75	384×75	384×100	384×100	384×125	384×125	384×150	384×150	384×175	384×175
Z3.7	Z1.7	Z2.5	Z3.7	Z2.5	Z3.7	Z2.5	Z3.7	Z2.5	Z4.0	Z2.5	Z4.0
1182	1828	1828	1828	2462	2462	3077	3077	3692	3692	4308	4308
1057	1634	1634	1634	2201	2201	2751	2751	3301	3301	3852	3852
645	1022	1022	1006	1372	1351	1738	1711	2106	2106	2473	2473
229	384	384	378	536	527	685	674	835	835	985	985
490	776	776	764	1042	1026	1320	1300	1599	1599	1879	1879
3,07	4,61	4,61	4,61	6,14	6,14	7,68	7,68	9,21	9,21	10,75	10,75
190	39	67	129	48	97	36	76	28	72	22	61
313	69	111	207	81	154	63	122	51	114	42	96
227	69	111	207	81	154	63	122	51	114	42	96
108,4	40,7	61,1	108,4	61,1	108,4	61,1	108,4	61,1	122,2	61,1	122,2
86,7	32,6	48,9	86,7	48,9	86,7	48,9	86,7	48,9	97,8	48,9	97,8
44,2	17	25,5	44,6	25,5	44,5	25,8	45,1	26	52,1	26,2	52,4
14,3	5,8	8,7	15,2	9	15,8	9,3	16,2	9,4	18,8	9,5	19
31,8	12,3	18,4	32,1	18,3	32	18,6	32,4	18,7	37,5	18,9	37,8
7840	10034	10034	10353	12469	12865	14905	15378	17340	17340	19776	19776
2735	3671	3671	3671	4539	4539	5570	5570	6602	6602	7633	7633
213	320	320	320	427	427	534	534	640	640	747	747
600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
0,7	6,3	2,8	0,9	3,5	1,1	4,2	1,4	4,8	1,2	5,5	1,4
7,1	70,1	31,2	9,9	39,9	12,7	48,7	15,5	57,4	14,3	66,1	16,5
13,1	53,9	35,9	20,2	48,4	27,3	60,5	34,1	72,5	36,3	84,6	42,3
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
15,71	21,47	21,47	21,14	25,93	25,53	29,65	29,19	32,99	32,99	36,04	36,04
16	66	44	24,8	59,2	33,4	74	41,7	88,8	44,4	103,7	51,8
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
3,6	5,3	5,3	5,3	7,1	7,1	8,8	8,8	10,6	10,6	12,4	12,4
0,26	0,39	0,39	0,39	0,52	0,52	0,65	0,65	0,78	0,78	0,91	0,91
7,8	10,5	10,5	10,5	13	13	16	16	18,9	18,9	14,6	14,6
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7,5	7,5

2.2.14 RIB19-3P-460xH
Geometrische Daten

Baugröße			**460×25**
Masse Sekundärteil	m_S	kg	4,9
Masse Primärteil	m_P	kg	37,6
Höhe Sekundärteil	H_S	mm	26
Höhe Primärteil	H_P	mm	90
Gewinde Sekundärteil	$TS_S \times TD_S$	–	M8×16
Gewinde Sekundärteil, Anzahl×Teilung	$n_S \times TP_S$	°	12×30
Gewinde Primärteil Kabelseite	$TS_{PC} \times TD_{PC}$	–	M8×16
Gewinde Primärteil Kabelseite, Anzahl×Teilung	$n_{PC} \times TP_{PC}$	°	11×30
Gewinde Primärteil	$TS_P \times TD_P$	–	M8×16
Gewinde Primärteil, Anzahl×Teilung	$n_P \times TP_P$	°	12×30

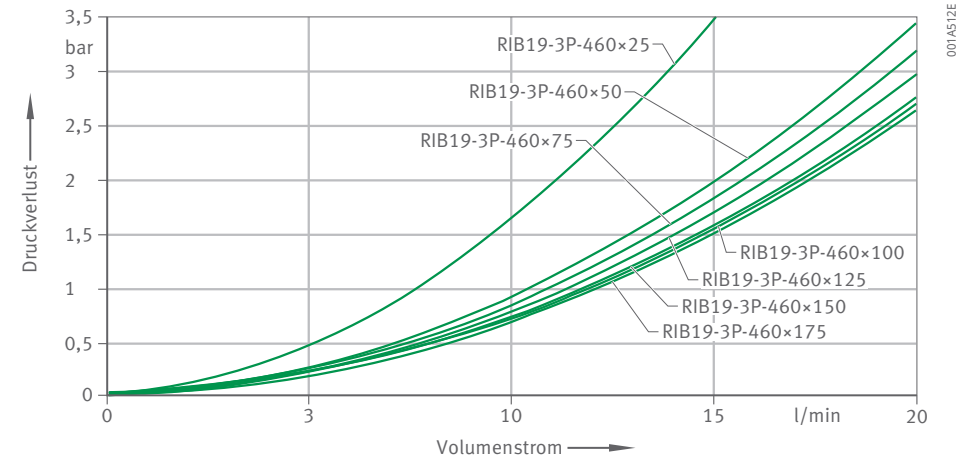




460×50	460×75	460×100	460×125	460×150	460×175
9,8	14,6	19,5	24,4	29,3	34,2
50,4	63,4	79,1	93,5	107,8	122,1
51	76	101	126	151	176
110	130	160	185	210	235
M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16
12×30	24×15	24×15	24×15	48×7,5	48×7,5
M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16
11×30	23×15	23×15	23×15	45×7,5	45×7,5
M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16
12×30	24×15	24×15	24×15	48×7,5	48×7,5

2.2.15 RIB19-3P-460xH
Leistungsdaten

Baugröße				**460×25**	**460×25**	**460×25**	**460×50**	**460×50**
Wicklungsvariante				**Z1.7**	**Z2.5**	**Z3.8**	**Z1.7**	**Z2.5**
Drehmomente	Grenzmoment	T_u	Nm	888	888	888	1813	1813
	Spitzenmoment	T_p	Nm	755	755	755	1541	1541
	Nennmoment gekühlt	T_{cw}	Nm	447	436	434	977	953
	Nennmoment ungekühlt	T_c	Nm	137	134	134	335	327
	Stillstandsmoment gekühlt	T_{sw}	Nm	334	326	325	731	713
	Rastmoment	T_{cog}	Nm	1,97	1,97	1,97	3,95	3,95
Drehzahlen	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}	n_{lp}	min^{-1}	83	131	247	42	69
	Eckdrehzahl	n_{lw}	min^{-1}	143	226	419	70	112
	Nenndrehzahl (S1) gekühlt	n_{lwS1}	min^{-1}	143	197	197	70	112
Ströme	effektiver Grenzstrom	$I_{u\ eff}$	A	41,2	62,3	112,4	41,2	62,3
	effektiver Spitzenstrom	$I_{p\ eff}$	A	30,4	46	83	30,4	46
	effektiver Nennstrom gekühlt	$I_{cw\ eff}$	A	15,7	23,2	41,8	16,9	24,9
	effektiver Nennstrom ungekühlt	$I_{c\ eff}$	A	4,6	6,9	12,3	5,5	8,2
	effektiver Stillstandsstrom gekühlt	$I_{sw\ eff}$	A	11,4	16,9	30,3	12,2	18,1
Verlustleistungen	Verlustleistung bei T_p	P_{lp}	W	5349	5623	5658	7508	7892
	Verlustleistung bei T_{cw}	P_{lw}	W	1927	1927	1927	3103	3103
	Verlustleistung bei T_c	P_{lc}	W	125	125	125	250	250
Elektrische Kennwerte	Zwischenkreisspannung	U_{DCL}	V	600	600	600	600	600
	elektrischer Widerstand, Ph zu Ph	R_{20}	Ω	3,9	1,8	0,5	5,4	2,5
	Induktivität, Ph zu Ph	L	mH	39,5	17,3	5,3	68,9	30,1
	Gegenspannungskonstante, Ph zu Ph	$k_{\hat{u}}$	V/(rad/s)	24,1	15,9	8,8	49,3	32,6
Allgemeine Kennwerte	Polpaarzahl	P	–	38	38	38	38	38
	Motorkonstante	k_m	Nm/√W	12,28	11,98	11,94	21,17	20,65
	Momentenkonstante	k_T	Nm/A	29,6	19,5	10,8	60,3	39,9
	Abschaltschwelle Motortemperatur	ϑ_{PTC}	°C	110	110	110	110	110
	axiale Anziehungskraft	F_a	kN	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
	radiale Anziehungskraft	F_r	kN/mm	1,9	1,9	1,9	3,8	3,8
	Trägheitsmoment Sekundärteil	J	$kg \cdot m^2$	0,24	0,24	0,24	0,47	0,47
Kühlbedingungen	Kühlwasserdurchfluss	dV/dt	l/min	5,5	5,5	5,5	8,9	8,9
	Nenn-Vorlauftemperatur	ϑ_{nf}	°C	20	20	20	20	20
	Temperaturdifferenz des Kühlwassers	$\Delta\vartheta$	K	5	5	5	5	5

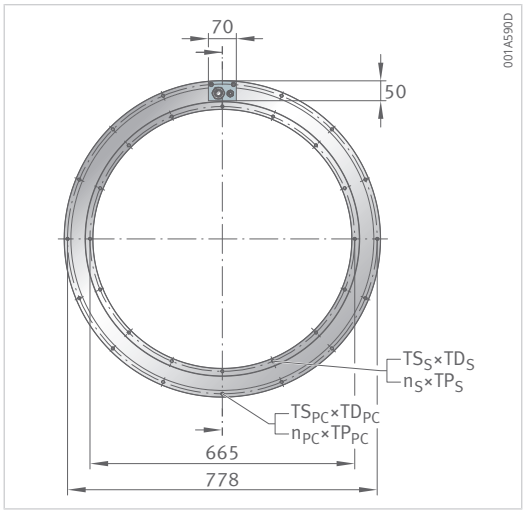


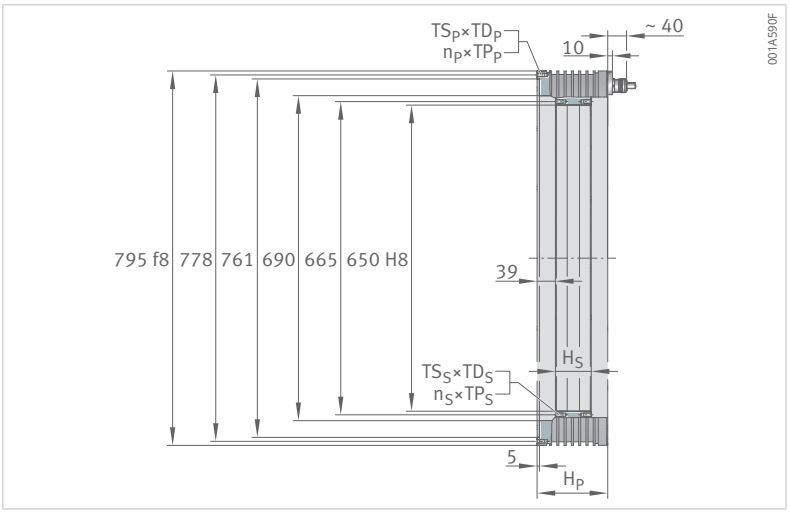
Kühlwassertemperatur: +20 °C

460×50	460×75	460×75	460×100	460×100	460×125	460×125	460×125	460×150	460×150	460×175	460×175
Z3.8	Z2.5	Z3.8	Z2.5	Z3.8	Z2.5	Z3.8	Z4.9	Z3.8	Z4.9	Z3.8	Z4.9
1813	2775	2775	3751	3751	4689	4689	4689	5739	5739	6695	6695
1541	2330	2330	3144	3144	3930	3930	3930	4811	4811	5612	5612
950	1417	1413	1961	1955	2494	2486	2557	3081	3169	3628	3731
326	522	520	726	723	931	929	955	1158	1191	1369	1408
711	1061	1057	1467	1462	1866	1860	1913	2305	2371	2714	2791
3,95	5,92	5,92	7,89	7,89	9,87	9,87	9,87	11,84	11,84	13,82	13,82
134	45	92	33	69	24	53	84	44	70	36	59
211	75	144	54	106	41	83	125	67	103	56	86
197	75	144	54	106	41	83	125	67	103	56	86
112,4	62,3	112,4	62,3	112,4	62,3	112,4	164,6	112,4	164,6	112,4	164,6
83	46	83	46	83	46	83	121,6	83	121,6	83	121,6
44,8	24,4	44	25,1	45,2	25,5	46	69,2	46,5	70,1	47	70,7
14,7	8,6	15,4	8,9	16	9,2	16,5	24,8	16,8	25,3	17	25,6
32,5	17,7	31,9	18,2	32,8	18,5	33,3	50,2	33,8	50,8	34,1	51,3
7941	10851	10919	13318	13401	15784	15882	15016	18364	17362	20846	19708
3103	4112	4112	5322	5322	6531	6531	6531	7740	7740	8950	8950
250	375	375	500	500	626	626	626	751	751	876	876
600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
0,8	3,4	1,1	4,2	1,3	5	1,5	0,7	1,8	0,8	2	0,9
9,2	41,4	12,7	52,3	16,1	65,4	20,1	9,4	23,1	10,8	27	12,6
18	49,8	27,6	66,4	36,8	83	46	31,4	56,3	38,5	65,7	44,9
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
20,58	26,95	26,87	32,44	32,33	37,24	37,13	38,18	42,26	43,46	46,28	47,59
22,1	61	33,8	81,4	45,1	101,7	56,3	38,5	69	47,1	80,5	55
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
3,8	5,7	5,7	7,5	7,5	9,4	9,4	9,4	11,3	11,3	13,2	13,2
0,47	0,71	0,71	0,94	0,94	1,18	1,18	1,18	1,41	1,41	1,65	1,65
8,9	11,8	11,8	15,2	15,2	18,7	18,7	18,7	14,8	14,8	17,1	17,1
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5	5	5	5	5	5	5	5	7,5	7,5	7,5	7,5

2.2.16 RIB13-3P-690xH
Geometrische Daten

Baugröße			**690×25**
Masse Sekundärteil	m_S	kg	7,6
Masse Primärteil	m_P	kg	62,9
Höhe Sekundärteil	H_S	mm	26
Höhe Primärteil	H_P	mm	110
Gewinde Sekundärteil	$TS_S \times TD_S$	–	M8×16
Gewinde Sekundärteil, Anzahl×Teilung	$n_S \times TP_S$	°	16×22,5
Gewinde Primärteil Kabelseite	$TS_{PC} \times TD_{PC}$	–	M8×16
Gewinde Primärteil Kabelseite, Anzahl×Teilung	$n_{PC} \times TP_{PC}$	°	15×22,5
Gewinde Primärteil	$TS_P \times TD_P$	–	M8×16
Gewinde Primärteil, Anzahl×Teilung	$n_P \times TP_P$	°	16×22,5

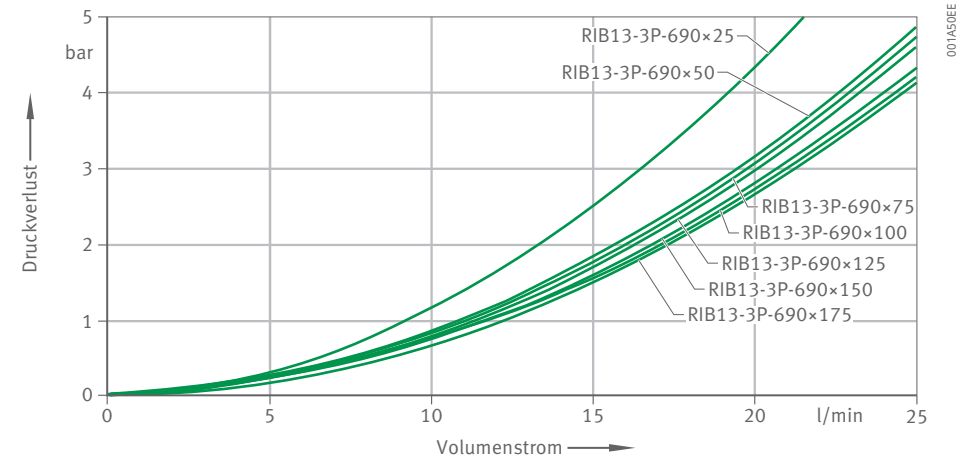




	690×50	690×75	690×100	690×125	690×150	690×175
	15,2	22,8	30,4	38	45,6	53,2
	81,6	99,8	122,9	143,2	163,7	184,1
	51	76	101	126	151	176
	130	150	180	205	230	255
	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16
	16×22,5	32×11,25	32×11,25	64×5,625	64×5,625	64×5,625
	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16
	15×22,5	31×11,25	31×11,25	61×5,625	61×5,625	61×5,625
	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16	M8×16
	16×22,5	32×11,25	32×11,25	64×5,625	64×5,625	64×5,625

2.2.17 RIB13-3P-690xH
Leistungsdaten

Baugröße				**690×25**	**690×25**	**690×25**	**690×50**	**690×50**	**690×75**
Wicklungsvariante				**Z2.2**	**Z3.3**	**Z4.2**	**Z3.3**	**Z4.2**	**Z3.3**
Drehmomente	Grenzmoment	T_u	Nm	1978	1978	1978	4059	4059	6244
	Spitzenmoment	T_p	Nm	1768	1768	1768	3627	3627	5579
	Nennmoment gekühlt	T_{cw}	Nm	989	956	989	2094	2166	3288
	Nennmoment ungekühlt	T_c	Nm	356	344	356	829	857	1363
	Stillstandsmoment gekühlt	T_{sw}	Nm	769	743	769	1628	1684	2557
	Rastmoment	T_{cog}	Nm	1,47	1,47	1,47	2,94	2,94	4,41
Drehzahlen	Grenzdrehzahl bei $I_{p\ eff}$ und U_{DCL}	n_{lp}	min^{-1}	37	65	101	38	61	26
	Eckdrehzahl	n_{lw}	min^{-1}	70	123	184	66	101	44
	Nenndrehzahl (S1) gekühlt	n_{lwS1}	min^{-1}	70	115	115	66	101	44
Ströme	effektiver Grenzstrom	$I_{u\ eff}$	A	49,1	81,5	122,7	81,5	122,7	81,5
	effektiver Spitzenstrom	$I_{p\ eff}$	A	39,3	65,2	98,2	65,2	98,2	65,2
	effektiver Nennstrom gekühlt	$I_{cw\ eff}$	A	19,3	30,9	48,2	33	51,5	33,7
	effektiver Nennstrom ungekühlt	$I_{c\ eff}$	A	6,8	10,9	17	12,8	20	13,7
	effektiver Stillstandsstrom gekühlt	$I_{sw\ eff}$	A	14,7	23,6	36,7	25,2	39,2	25,7
Verlustleistungen	Verlustleistung bei T_p	P_{lp}	W	7758	8303	7758	12076	11284	15850
	Verlustleistung bei T_{cw}	P_{lw}	W	2510	2510	2510	4160	4160	5690
	Verlustleistung bei T_c	P_{lc}	W	233	233	233	466	466	699
Elektrische Kennwerte	Zwischenkreisspannung	U_{DCL}	V	600	600	600	600	600	600
	elektrischer Widerstand, Ph zu Ph	R_{20}	Ω	3,4	1,3	0,5	1,9	0,8	2,5
	Induktivität, Ph zu Ph	L	mH	41,4	15	6,6	23,1	10,2	31
	Gegenspannungskonstante, Ph zu Ph	$k_{\hat{u}}$	V/(rad/s)	42,7	25,7	17,1	52,8	35,1	81,3
Allgemeine Kennwerte	Polpaarzahl	P	–	65	65	65	65	65	65
	Motorkonstante	k_m	Nm/√W	23,34	22,56	23,34	38,38	39,7	51,53
	Momentenkonstante	k_T	Nm/A	52,3	31,5	20,9	64,7	42,9	99,5
	Abschaltschwelle Motortemperatur	ϑ_{PTC}	°C	110	110	110	110	110	110
	axiale Anziehungskraft	F_a	kN	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
	radiale Anziehungskraft	F_r	kN/mm	3,3	3,3	3,3	6,6	6,6	9,9
	Trägheitsmoment Sekundärteil	J	$kg \cdot m^2$	0,85	0,85	0,85	1,7	1,7	2,55
Kühlbedingungen	Kühlwasserdurchfluss	dV/dt	l/min	7,4	7,4	7,4	12,3	12,3	16,9
	Nenn-Vorlauftemperatur	ϑ_{nf}	°C	20	20	20	20	20	20
	Temperaturdifferenz des Kühlwassers	$\Delta\vartheta$	K	5	5	5	5	5	5



Kühlwassertemperatur: +20 °C

690×75	690×100	690×100	690×100	690×125	690×125	690×125	690×150	690×150	690×150	690×175	690×175
Z4.2	**Z3.3**	**Z4.2**	**Z5.9**	**Z3.3**	**Z4.2**	**Z5.9**	**Z3.3**	**Z4.2**	**Z5.9**	**Z4.2**	**Z5.9**
6244	8366	8366	8366	10457	10457	10457	12549	12549	12549	14640	14640
5579	7475	7475	7475	9343	9343	9343	11212	11212	11212	13081	13081
3401	4504	4659	4504	5712	5909	5712	6924	7163	6924	8421	8140
1410	1895	1960	1895	2425	2508	2425	2958	3060	2958	3613	3493
2645	3502	3623	3502	4441	4595	4441	5384	5570	5384	6548	6329
4,41	2,94	2,94	2,94	7,35	7,35	7,35	4,41	4,41	4,41	10,3	10,3
43	19	33	58	14	26	46	10	20	38	17	29
68	32	51	90	25	40	71	19	32	58	27	47
68	32	51	90	25	40	71	19	32	58	27	47
122,7	81,5	122,7	203,7	81,5	122,7	203,7	81,5	122,7	203,7	122,7	203,7
98,2	65,2	98,2	163	65,2	98,2	163	65,2	98,2	163	98,2	163
52,5	34,5	53,7	86,2	35	54,5	87,4	35,3	55,1	88,3	55,5	89
21,3	14,2	22,1	35,5	14,5	22,7	36,4	14,8	23	37	23,3	37,4
40	26,3	40,9	65,7	26,6	41,5	66,6	26,9	42	67,3	42,3	67,8
14811	19624	18337	19624	23398	21864	23398	27172	25390	27172	28916	30946
5690	7364	7364	7364	9037	9037	9037	10711	10711	10711	12384	12384
699	932	932	932	1165	1165	1165	1399	1399	1399	1632	1632
600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
1	3,1	1,3	0,5	3,7	1,5	0,6	4,3	1,8	0,7	2	0,8
13,7	37,6	16,6	6	46,1	20,3	7,4	55,3	24,4	8,8	28,4	11,5
53,9	108,9	72,3	43,5	136,1	90,3	54,4	163,3	108,4	65,3	126,5	76,2
65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
53,3	62,05	64,19	62,05	71,03	73,48	71,03	79,09	81,82	79,09	89,45	86,47
66,1	133,3	88,5	53,3	166,7	110,6	66,7	200	132,8	80	154,9	93,3
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
9,9	13,1	13,1	13,1	16,4	16,4	16,4	19,7	19,7	19,7	23	23
2,55	3,4	3,4	3,4	4,25	4,25	4,25	5,1	5,1	5,1	5,95	5,95
16,9	14,6	14,6	14,6	17,9	17,9	17,9	15,9	15,9	15,9	18,4	18,4
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	10	10	10	10	10

2.3 Checkliste für Ihre Anfrage

Torquemotoren

Um Ihre Anfrage schnell und gezielt beantworten zu können, bitten wir Sie, die folgende Checkliste auszufüllen.
Bei Fragen können Sie sich gern an das Schaeffler-Vertriebsteam wenden.

Firma _____

Ansprechpartner _____

Branche · Projektbezeichnung _____

Telefon _____

E-Mail _____

Anwendung (Applikation)

_____

_____

_____

Überwiegende Betriebsart

☐ Dauerbetrieb (S1, z. B. in NC-Achsen)

☐ Aussetzbetrieb (S6, z. B. in Taktanwendungen)

Parallelbetrieb mehrerer Motoren

☐ Ja
- ☐ Tandem-Anordnung
- ☐ Janus-Anordnung

☐ Nein

Motortyp (soweit bekannt) _____

Ggf. Einbaukompatibilität zu

Hersteller _____ Typ _____

Bauraum

Min. Innendurchmesser / max. Außendurchmesser / max. Höhe [mm]

_____ / _____ / _____

Erforderliche Arbeitspunkte

Arbeitspunkt 1

Drehmoment _____ Drehzahl _____

☐ Dauerbetrieb (S1) ☐ Aussetzbetrieb (S6)

☐ Stillstand

Arbeitspunkt 2

Drehmoment _____ Drehzahl _____

☐ Dauerbetrieb (S1) ☐ Aussetzbetrieb (S6)

☐ Stillstand

Umrichter

Hersteller _____ Typ _____

Zwischenkreisspannung [V_{DC}] _____ Strom bei Dauerbetrieb (S1) _____

Spitzenstrom _____

Kühlung

☐ Wasser (Standard) ☐ Natürliche Konvektion/ungekühlt
☐ Andere

Kabelabgang

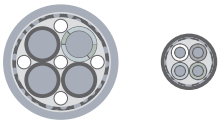
☐ Axial (Standard)

☐ Tangential

☐ Radial

Kabeltyp · Kabellänge

☐ Motor- und Sensorleitung getrennt ☐ 1 m Standard, offene Enden



Weitere Typen und Längen auf Anfrage.

O-Ringe

Dichtungen, bei Wasserkühlung erforderlich
☐ Ja ☐ Nein

Temperaturüberwachung

☐ PTC-Drilling und Pt1000 ☐ PTC-Drilling und 3×Pt1000

Technische Dokumentation

☐ Papier ☐ CD ☐ PDF
Sprache _____

Bedarf · Stückzahlen

☐ Einmalbedarf
☐ Prototyp
☐ Serie

Kontakt

Schaeffler Industrial Drives AG & Co. KG
Tel. +49 3681 7574-0 · sales-sid@schaeffler.com

Glossar

dV/dt, Kühlwasserdurchfluss

Erforderliche Durchflussgeschwindigkeit, um bei abgegebener Verlustleistung P_{lc} die angegebene Temperaturdifferenz des Kühlwassers $\Delta\vartheta$ zu erreichen.

F_a, Axiale Anziehungskraft

Axiale Anziehungskraft, mit der der Sekundärteil in den Primärteil hineingezogen wird.

f_P (n), Polwechselfrequenz

Die Polwechselfrequenz errechnet sich aus Drehzahl und Polpaarzahl des Motors: f_P (n) [Hz] = n [min^{-1}] / 60 · P.

F_r, Radiale Anziehungskraft

Radiale Anziehungskraft zwischen Sekundärteil und Primärteil, welche sich in Abhängigkeit der Exzentrizität des Sekundärteils zum Primärteil ändert.

$I_{c\ eff}$, Nennstrom ungekühlt

Effektiver Nennstrom, bei dem die zugehörige Verlustleistung je nach Größe der Anschraubbasis ohne Zwangskühlung zu einer relativ geringen Erwärmung des Motors führt.

$I_{cw\ eff}$, Nennstrom gekühlt

Effektiver Nennstrom, der bei Wasserkühlung im Dauerbetrieb ab einer Polwechselfrequenz von 0,1 Hz zulässig ist.

$I_{p\ eff}$, Spitzenstrom

Effektiver Spitzenstrom, der im Bereich der Eisensättigung liegt und als Dimensionierungsgröße herangezogen werden sollte, siehe auch T_p. Bei nur mäßig warmen Sekundärteil (Magnettemperatur max. +60 °C) und Impulsbetrieb (max. 1 s bis 3 s) kann $I_{p\ eff}$ bis auf den Grenzwert $I_{u\ eff}$ gesteigert werden.

$I_{pl\ eff}$, Spitzenstrom linearer Bereich

Effektiver Spitzenstrom, bis zu dem ein annähernd proportionaler Momentverlauf auftritt.

$I_{sw\ eff}$, Stillstandsstrom gekühlt

Effektiver dauerhafter Stillstandsstrom im Stand und bei Polwechselfrequenzen bis ca. 0,1 Hz. Aufgrund der unterschiedlichen Stromverteilung in den Motorphasen muss zur Verhinderung von lokalen Überhitzungen der Motorstrom auf diesen Wert reduziert werden. Dabei wird die thermisch ungünstigste Sekundärteillage zugrunde gelegt.

$I_{u\ eff}$, Grenzstrom

Effektiver Grenzstrom, bei dem der Magnetkreis in starker Sättigung ist. Er wird entweder durch die max. Stromdichte in der Wicklung oder durch beginnende Entmagnetisierungsgefahr bei einer Magnettemperatur von +80 °C festgelegt.

k_m, Motorkonstante

Motorkonstante, die die Relation zwischen Moment und Verlustleistung, also die Effizienz, zum Ausdruck bringt.

Die Motorkonstante ist temperaturabhängig und gilt exakt nur im statischen Betriebsfall sowie im linearen Aussteuerbereich des Motors, z. B. bei Positioniervorgängen mit geringen Drehzahlen und Momenten.

Bei +130 °C Wicklungstemperatur geht die Motorkonstante auf den 0,85-fachen Wert zurück.

k_T, Momentenkonstante

Drehmomentkonstante, die im linearen Aussteuerbereich, multipliziert mit dem Strom, das entstehende Motormoment ergibt: $T = I \cdot k_T$.

$k_{\hat{u}}$, Gegenspannungskonstante

Spannungskonstante, die im generatorischen Betrieb, multipliziert mit der Drehzahl, die an den Motorklemmen entstehende Ankergegenspannung (Scheitelwert) ergibt: $U_{EMF} = k_{\hat{u}} \cdot n$.

L, Induktivität, Phase zu Phase

Induktivität zwischen 2 Motorphasen, gültig für den linearen Bereich zwischen Drehmoment und Strom.

n_{lc}, Grenzdrehzahl

Wicklungsabhängiges Drehzahllimit ohne Berücksichtigung der dynamischen Wärmeverluste im Betrieb bei $I_{c\ eff}$ und ohne Feldschwächung. Nach diesem Punkt fällt das Moment des Motors stark ab.

n_{lp}, Grenzdrehzahl

Wicklungsabhängiges Drehzahllimit ohne Berücksichtigung der dynamischen Wärmeverluste im Betrieb bei $I_{p\ eff}$ und ohne Feldschwächung. Nach diesem Punkt fällt das Moment des Motors stark ab.

n_{lw}, Eckdrehzahl

Wicklungsabhängiges Drehzahllimit ohne Berücksichtigung der dynamischen Wärmeverluste im Betrieb bei $I_{cw\ eff}$ und ohne Feldschwächung. Nach diesem Punkt fällt das Moment des Motors stark ab.

n_{lwS1}, Nenndrehzahl (S1) gekühlt

Drehzahllimit, bis zu dem der Motor dauerhaft bei $I_{cw\ eff}$ betrieben werden kann.

P, Polpaarzahl

Anzahl der magnetischen Polpaare am Sekundärteil.

P_l, Verlustleistung

Die in der Motorwicklung entstehende Wärmeleistung, die in Abhängigkeit von der Betriebsweise (Strom) und den Umgebungsbedingungen (Kühlung) zu einer zeitabhängigen Temperaturerhöhung führt.

Im oberen Aussteuerbereich (bei T_p) ist P_l wegen der quadratischen Abhängigkeit vom Strom besonders hoch, während im Bereich des Nennstroms nur eine relativ geringe Erwärmung eintritt.

P_l errechnet sich vereinfacht mit Hilfe der Motorkonstante k_m für einen Bewegungsabschnitt mit dem erforderlichen Moment T: $P_l = (T/k_m)^2$.

P_{lc}, Verlustleistung

Verlustleistung bei $I_{c\ eff}$.

P_{lp}, Verlustleistung

Spitzenverlustleistung bei $I_{p\ eff}$.

P_{lw}, Verlustleistung

Verlustleistung bei $I_{cw\ eff}$.

R_{20}, Elektrischer Widerstand

Wicklungswiderstand zwischen 2 Motorphasen bei +20 °C. Bei +130 °C steigt der Wicklungswiderstand auf den ca. 1,4-fachen Wert an.

T_c, Nennmoment ungekühlt

Motormoment beim Nennstrom I_n, bei dem der Motor ohne Kühlung thermisch stabil betrieben werden kann, jedoch dabei erwärmt wird.

T_{cog}, Rastmoment

Moment, auch Cogging genannt, das im stromlosen Zustand pulsierend in Abhängigkeit der Sekundärteilposition wirkt. Der angegebene Wert ist der Spitzenwert der Momentwelligkeit.

T_{cw}, Nennmoment gekühlt

Motormoment bei Nennstrom $I_{cw\ eff}$, das im Nennbetrieb bei Wasserkühlung als Dauermoment verfügbar ist und bei dem sich dabei je nach eingesetztem PTC-Sensor ein Temperaturgefälle von ca. 90 K bis 100 K zwischen Wicklung und Kühlung einstellt.

T_p, Spitzenmoment

Kurzzeitig (1 s bis 3 s) erzeugbares Spitzenmoment bei $I_{p\ eff}$, das im Sättigungsbereich und bei allen Betriebstemperaturen sicher erreicht wird. Bei Magnettemperaturen bis +60 °C und im Impulsbetrieb kann T_p bis zum Wert von T_u gesteigert werden.

T_{pl}, Spitzenmoment linearer Bereich

Kurzzeitig (wenige Sekunden) erzeugbares Motormoment, das am Ende des linearen Aussteuerbereichs bei $I_{pl\ eff} \cdot k_T$ erreicht wird.

T_{sw}, Stillstandsmoment gekühlt

Stillstandsmoment, das im Stand und bei Polwechselfrequenzen bis ca. 0,1 Hz dauerhaft abgerufen werden kann.

T_u, Grenzmoment

Grenzmoment bei starker Sättigung des Magnetkreises. Darf kurzzeitig (<1 s) nur bei kaltem Primärteil (ca. +60 °C) und Magnettemperaturen unterhalb von +60 °C angefahren werden. Bei höheren Ausgangstemperaturen besteht die Gefahr der Entmagnetisierung des Sekundärteils und der thermischen Zerstörung des Primärteils innerhalb kürzester Zeit. Das Grenzmoment eignet sich nicht als Dimensionierungsgröße, muss jedoch im Fall einer Kurzschlussbremsung beachtet werden.

U_{DCL}, Zwischenkreisspannung

Zwischenkreisspannung bzw. Speisespannung der Leistungsstellglieder. Sie muss umso höher sein, je höher die Geschwindigkeit und die damit steigende Gegenspannung und die frequenzabhängigen Verluste sind.

ϑ_{PTC}, Abschaltschwelle Motortemperatur

Bei dauerhafter Nutzung von $I_{cw\ eff}$ (wassergekühlt, Kühlbedingungen eingehalten) schwingt sich der Motor thermisch knapp unter der Temperaturschaltgrenze ein. Bei Überschreitung dieser Temperatur, gemessen am PTC-Sensor, muss ein Auslösegerät den Servoregler zum thermischen Motorschutz abschalten.

$\Delta\vartheta$, Temperaturdifferenz des Kühlwassers

Max. Temperaturdifferenz zwischen Kühlmitteleinlass und Kühlmittelauslass.

ϑ_{nf}, Nenn-Vorlauftemperatur

Erforderliche Kühlwassereintrittstemperatur, um unter Einhaltung der restlichen Kühlbedingungen ($\Delta\vartheta$ und dV/dt) $I_{cw\ eff}$ oder $I_{sw\ eff}$ dauerhaft zu nutzen. Dabei stellt sich eine Sensortemperatur knapp unterhalb ϑ_{PTC} ein.

Schaeffler Industrial Drives
AG & Co. KG
Mittelbergstraße 2
98527 Suhl
Deutschland
www.schaeffler-industrial-drives.com
sales-sid@schaeffler.com
Telefon +49 3681 7574-0

Alle Angaben wurden von uns sorgfältig erstellt und geprüft, jedoch können wir keine vollständige Fehlerfreiheit garantieren. Korrekturen bleiben vorbehalten. Bitte prüfen Sie daher stets, ob aktuellere Informationen oder Änderungshinweise verfügbar sind. Diese Publikation ersetzt alle abweichenden Angaben aus älteren Publikationen. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.
© Schaeffler Technologies AG & Co. KG
RE 1 / 02 / de-DE / DE / 2024-05