Projektierungsanleitung IHD Servoaktuatoren





l.	Allgemeines	4
.1	Erläuterung der verwendeten Symbolik	5
.2	Haftungsausschluss und Copyright	5
2.	Sicherheitshinweise	5
2.1	Gefahren	
2.2	Bestimmungsgemäße Verwendung	
2.3	Nicht bestimmungsgemäße Verwendung	
2.4	Verwendung in besonderen Anwendungsbereichen	
2.5	Konformitätserklärung	
3.	Produktbeschreibung	10
4.	Bestellbezeichnungen	12
4.1	Übersicht	12
4.2	Kombinationen	13
5.	Technische Daten	14
5.1	Allgemeine technische Daten	14
5.2	Aktuatordaten	15
5.3	Abmessungen	20
5.4	Genauigkeit	20
5.5	Torsionssteifigkeit	
5.6	Lagerung	
5.7	Feedbacksysteme	
5.8	Temperatursensoren	
5.9	Elektrische Anschlüsse	23
5.	Aktuatorauslegung	
5.1	Auswahlschema Servoaktuatoren	
5.2	Auslegung des Aktuators	
5.3	Auslegung des Abtriebslagers	31
7.	Konstruktionshinweise	35
7.1	Hinweise zur konstruktiven Integration	
7.2	Schutz vor Korrosion und dem Eindringen von Fremdkörpern	36
8.	Installation und Betrieb	37
3.1	Transport und Lagerung	37
3.2	Aufstellung	37
3.3	Mechanische Installation	
3.4	Elektrische Installation	
3.5	Inbetriebnahme	
3.6	Überlastschutz	
3.7	Stillsetzen und Wartung	41
7	Außerhetriehnahme und Entsorgung	43

10.	Glossar	44
10.1	Technische Daten	44
10.2	Kennzeichnung. Richtlinien und Verordnungen	. 5

1. Allgemeines

Über diese Dokumentation

Die vorliegende Dokumentation beinhaltet Sicherheitsvorschriften, technische Daten und Betriebsvorschriften für Produkte der Harmonic Drive SE.

Die Dokumentation wendet sich an Planer, Projekteure, Maschinenhersteller und Inbetriebnehmer. Sie unterstützt bei der Auswahl und Berechnung von Getrieben, Servoaktuatoren und Servomotoren sowie des Zubehörs.

Hinweise zur Aufbewahrung

Bitte bewahren Sie diese Dokumentation während der gesamten Einsatz- bzw. Lebensdauer bis zur Entsorgung des Produktes auf. Geben Sie bei Verkauf diese Dokumentation weiter.

Weiterführende Dokumentation

Zur Projektierung von Antriebssystemen der Harmonic Drive SE benötigen Sie nach Bedarf weitere Dokumentationen. Die Harmonic Drive SE stellt für ihre Produkte die gesamte Dokumentation auf ihrer Website im PDF-Format zur Verfügung.

www.harmonicdrive.de

Fremdsysteme

Dokumentationen für externe, mit Harmonic Drive® Komponenten verbundene Systeme sind nicht Bestandteil des Lieferumfanges und müssen von diesen Herstellern direkt angefordert werden.

Vor der Inbetriebnahme von Servoaktuatoren und Servomotoren der Harmonic Drive SE an Regelgeräten ist die spezifische Inbetriebnahmedokumentation des jeweiligen Gerätes zu beachten.

Ihr Feedback

Ihre Erfahrungen sind für uns wichtig. Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen zu Produkt und Dokumentation senden Sie bitte an:

Harmonic Drive SE Marketing und Kommunikation Hoenbergstraße 14 65555 Limburg / Lahn

E-Mail: info@harmonicdrive.de

1.1 Erläuterung der verwendeten Symbolik

Tabelle 5.1

Symbol		Bedeutung
<u> </u>	GEFAHR	Bezeichnet eine unmittelbar drohende Gefahr. Wenn sie nicht gemieden wird, sind Tod oder schwerste Verletzungen die Folge.
<u> </u>	WARNUNG	Bezeichnet eine möglicherweise drohende Gefahr. Wenn sie nicht gemieden wird, können Tod oder schwerste Verletzungen die Folge sein.
<u></u>	VORSICHT	Bezeichnet eine möglicherweise drohende Gefahr. Wenn sie nicht gemieden wird, können leichte oder geringfügige Verletzungen die Folge sein.
ŀ	HINWEIS	Dies ist kein Sicherheitssymbol. Das Symbol weist auf wichtige Informationen hin.
	INFO	Warnung vor einer Gefahr (allgemein). Die Art der Gefahr wird durch den nebenstehenden Warntext spezifiziert.
	\triangle	Dies ist kein Sicherheitssymbol. Das Symbol weist auf wichtige Informationen hin.
	4	Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung und deren Wirkung.
		Warnung vor heißer Oberfläche.
		Warnung vor hängenden Lasten.
	A	Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung elektrostatisch empfindlicher Bauelemente beachten.
	<u>((,))</u>	Warnung vor elektromagnetischer Umweltverträglichkeit.

1.2 Haftungsausschluss und Copyright

Die in diesem Dokument enthaltenen Inhalte, Bilder und Grafiken sind urheberrechtlich geschützt. Logos, Schriften, Firmenund Produktbezeichnungen können, über das Urheberrecht hinaus, auch marken- bzw. warenzeichenrechtlich geschützt sein. Die Verwendung von Texten, Auszügen oder Grafiken bedarf der Zustimmung des Herausgebers bzw. Rechteinhabers.

Wir haben den Inhalt der Dokumentation geprüft. Dennoch können Abweichungen nicht ausgeschlossen werden, so dass wir für die vollständige Übereinstimmung keine Gewähr übernehmen. Die Angaben in dieser Dokumentation werden regelmäßig überprüft und notwendige Korrekturen sind in den nachfolgenden Auflagen enthalten. Für Verbesserungsvorschläge sind wir dankbar.

2. Sicherheitshinweise

Zu beachten sind die Angaben und Anweisungen in diesem Dokument. Sonderausführungen können in technischen Details von den nachfolgenden Ausführungen abweichen! Bei eventuellen Unklarheiten wird empfohlen, unter Angabe von Typbezeichnung und Seriennummer beim Hersteller anzufragen.

2.1 Gefahren





Elektrische Servoaktuatoren und Motoren haben gefährliche, spannungsführende und rotierende Teile. Alle Arbeiten während des Anschlusses, der Inbetriebnahme, der Instandsetzung und der Entsorgung sind nur von qualifiziertem Fachpersonal auszuführen. EN 50110-1 und IEC 60364 beachten!

Vor Beginn jeder Arbeit, besonders aber vor dem Öffnen von Abdeckungen, muss der Aktuator vorschriftsmäßig freigeschaltet sein. Neben den Hauptstromkreisen ist dabei auch auf eventuell vorhandene Hilfsstromkreise zu achten.

Einhalten der fünf Sicherheitsregeln:

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

Die zuvor genannten Maßnahmen dürfen erst dann zurückgenommen werden, wenn die Arbeiten abgeschlossen sind und der Aktuator vollständig montiert ist. Unsachgemäßes Verhalten kann Personen- und Sachschäden verursachen. Die jeweils geltenden nationalen, örtlichen und anlagespezifischen Bestimmungen und Erfordernisse sind zu gewährleisten.





Die Oberflächentemperatur der Produkte kann im Betrieb über 55 °C betragen! Die heißen Oberflächen dürfen nicht berührt werden!

HINWEIS

Anschlusskabel dürfen nicht in direkten Kontakt mit heißen Oberflächen kommen.





Betriebsbedingt auftretende elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder stellen im Besonderen für Personen mit Herzschrittmachern, Implantaten oder ähnlichem eine Gefährdung dar. Gefährdete Personengruppen dürfen sich daher nicht in unmittelbarer Nähe des Produktes aufhalten.





Eingebaute Haltebremsen sind nicht funktional sicher. Insbesondere bei hängender Last kann die funktionale Sicherheit nur mit einer zusätzlichen, externen mechanischen Bremse erreicht werden.





Verletzungsgefahr durch unsachgemäße Handhabung von Batterien.

Einhalten der Sicherheitsregeln für Batterien:

- Nicht verpolen, Polzeichen + und auf Batterie und Gerät beachten
- Nicht kurzschließen
- · Nicht wiederaufladen
- Nicht gewaltsam öffnen oder beschädigen
- Nicht mit Feuer, Wasser oder hohen Temperaturen in Kontakt bringen
- Erschöpfte Batterien gleich entfernen und entsorgen
- Von Kindern fernhalten, bei Verschlucken sofort einen Arzt aufsuchen



Der einwandfreie und sichere Betrieb der Produkte setzt einen sachgemäßen Transport, fachgerechte Lagerung, Aufstellung und Montage sowie eine sorgfältige Bedienung und Wartung voraus.

Verletzung durch bewegliche und herausgeschleuderte Teile:

Das Berühren beweglicher Teile oder Abtriebselemente und das Herausschleudern sich lösender Teile, z. B. Passfedern, können schwere Verletzungen oder Tod verursachen.

- Entfernen oder sichern Sie lose Teile gegen Herausschleudern
- Berühren Sie keine beweglichen Teile
- Sichern Sie bewegliche Teile mit einem Berührungsschutz

Unerwartete Bewegung von Maschinen durch inaktive Sicherheitsfunktionen:

Inaktive oder nicht angepasste Sicherheitsfunktionen können unerwartete Bewegungen an Maschinen auslösen, die zu schweren Verletzungen oder Tod führen können.

- Beachten Sie vor der Inbetriebnahme die Informationen in der zugehörigen Produktdokumentation
- Führen Sie für sicherheitsrelevante Funktionen eine Sicherheitsbetrachtung des Gesamtsystems inklusive aller sicherheitsrelevanten Komponenten durch
- Stellen Sie durch entsprechende Parametrierung sicher, dass die angewendeten Sicherheitsfunktionen an Ihre Antriebsund Automatisierungsaufgabe angepasst und aktiviert sind
- Führen Sie einen Funktionstest durch
- Setzen Sie Ihre Anlage erst dann produktiv ein, nachdem Sie den korrekten Ablauf der sicherheitsrelevanten Funktionen sichergestellt haben





Bewegen und heben Sie Produkte mit einem Gewicht > 20 kg ausschließlich mit dafür geeigneten Hebevorrichtungen.

INFO

Sonderausführungen der Produkte können in ihrer Spezifikation vom Standard abweichen. Mitgeltende Angaben aus Datenblättern, Katalogen und Angeboten der Sonderausführungen sind zu berücksichtigen.

2.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

Harmonic Drive® Produkte sind für industrielle oder gewerbliche Anwendungen bestimmt.

Typische Anwendungsbereiche sind Robotik und Handhabung, Werkzeugmaschinen, Verpackungs- und Lebensmittelmaschinen und ähnliche Maschinen.

Die Produkte dürfen nur innerhalb der in der Dokumentation angegebenen Betriebsbereiche und Umweltbedingungen (Aufstellhöhe, Schutzart, Temperaturbereich usw.) betrieben werden.

Vor Inbetriebnahme von Anlagen und Maschinen, in welche Harmonic Drive® Produkte eingebaut werden, ist die Konformität der Anlage oder Maschine zur Maschinenrichtlinie herzustellen.

2.3 Nicht bestimmungsgemäße Verwendung

Die Verwendung der Produkte außerhalb der vorgenannten Anwendungsbereiche oder unter anderen als in der Dokumentation beschriebenen Betriebsbereichen und Umweltbedingungen gilt als nicht bestimmungsgemäßer Betrieb.

2.4 Verwendung in besonderen Anwendungsbereichen

Die Verwendung der Produkte in nachfolgenden Anwendungsbereichen bedarf einer Risikobewertung und Freigabe durch die Harmonic Drive SE.

- Luft- und Raumfahrt
- Explosionsgefährdete Bereiche
- Speziell für eine nukleare Verwendung konstruierte oder eingesetzte Maschinen, deren Ausfall zu einer Emission von Radioaktivität führen kann
- Vakuum
- Geräte für den häuslichen Gebrauch
- Medizinische Geräte
- Geräte, die in direkten Kontakt mit dem menschlichen Körper kommen
- Maschinen oder Geräte zum Transport und Heben von Personen
- Spezielle Einrichtungen für die Verwendung auf Jahrmärkten und in Vergnügungsparks

2.5 Konformitätserklärung

2.5.1 Getriebe

Im Sinne der Maschinenrichtlinie sind Harmonic Drive® Getriebe keine unvollständigen Maschinen, sondern Maschinenkomponenten, die nicht in den Geltungsbereich der EG-Maschinenrichtlinie fallen.

Grundlegende Sicherheitsanforderungen und Gesundheitsschutzanforderungen wurden bei der Konstruktion und Fertigung der Getriebe berücksichtigt. Dies vereinfacht es dem Endanwender, die Übereinstimmung seiner Maschine oder seiner unvollständigen Maschine mit der Maschinenrichtlinie herzustellen. Die Inbetriebnahme ist so lange untersagt, bis die Konformität des Endproduktes mit der EG-Maschinenrichtlinie festgestellt ist.

2.5.2 Servoaktuatoren und Motoren

Für die in der Projektierungsanleitung beschriebenen Harmonic Drive® Servoaktuatoren und Motoren besteht Konformität mit der Niederspannungsrichtlinie.

Gemäß der Maschinenrichtlinie sind Harmonic Drive® Servoaktuatoren und Servomotoren elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen nach Niederspannungsrichtlinie und somit vom Anwendungsbereich der Maschinenrichtlinie ausgenommen. Die Inbetriebnahme ist so lange untersagt, bis die Konformität des Endproduktes mit der Maschinenrichtlinie festgestellt ist.

Im Sinne der EMV-Richtlinie gelten Harmonic Drive® Servoaktuatoren und Motoren als unkritische Betriebsmittel, die weder elektromagnetische Störungen verursachen noch durch diese beeinträchtigt werden.

Die Konformität zu den gültigen EU-Richtlinien von Betriebsmitteln, Anlagen und Maschinen, in welche Harmonic Drive® Servoaktuatoren und Motoren eingebaut sind, ist durch den Nutzer vor der Inbetriebnahme herzustellen.

Betriebsmittel, Anlagen und Maschinen mit umrichtergespeisten Drehstrommotoren müssen den Schutzanforderungen der EMV-Richtlinie genügen. Die Durchführung der sachgerechten Installation liegt in der Verantwortung des Nutzers.

2.5.3 Integrierte Systeme

Für die in der Projektierungsanleitung beschriebenen Harmonic Drive® Integrierten Systeme besteht Konformität mit der EMC Richtlinie. Die Inbetriebnahme ist so lange untersagt, bis die Konformität des Endproduktes mit der Maschinenrichtlinie festgestellt ist.

Die Konformität zu den gültigen EU-Richtlinien von Betriebsmitteln, Anlagen und Maschinen, in welche Harmonic Drive® Integrierte Systeme eingebaut sind, ist durch den Nutzer vor der Inbetriebnahme herzustellen.

Betriebsmittel, Anlagen und Maschinen mit umrichtergespeisten Drehstrommotoren müssen den Schutzanforderungen der EMV-Richtlinie genügen. Die Durchführung der sachgerechten Installation liegt in der Verantwortung des Nutzers.

1003361 05/2021 V00

3. Produktbeschreibung

Smart, kompakt & hochintegriert

Plug and Play via Software: Das neue Smart-System IHD von Harmonic Drive® bringt 50 Jahre Erfahrung mit präzisen Getrieben und modernste Motor- und Antriebstechnik zusammen. Erleben Sie Innovation mit unserer hochintegrierten Antriebslösung, ganz ohne Schaltschrank.

Integration leichtgemacht

Hochkompakt und hochintegriert: Das IHD-System umfasst ein spielfreies Getriebe, einen hochentwickelten Servo-Motor, ein duales Motorfeedbacksystem zur Positionsmessung und einen leistungsfähigen Motion Controller in einer fertigen Antriebslösung. Unterstützt wird die einfache Integration in Ihre Applikation nicht nur durch die zentrale Hohlwelle des Aktuators, die für das Durchführen unterschiedlichster Medien prädestiniert ist, sondern auch durch unsere eigens entwickelte, anwenderfreundliche Software-Lösung zur einfachen Inbetriebnahme – Plug and Play.

Kompatibel und vorausschauend

Dank thermischer Optimierung seines Designs erfüllt der IHD alle Voraussetzungen für Hochleistungsanwendungen im Bereich stationärer und mobiler Antriebstechnik. Hierfür wurden erweiterte Simulations-Tools zur thermischen Bewertung des Systems entwickelt. Das IHD-System verfügt über einen Applikationsprozessor für zukünftige smarte Anwendungen wie Condition Monitoring und kann als separate Plattform für kundenspezifische Applikationsprogrammierungen genutzt werden. Das System arbeitet mit DC-Spannungen von 24V oder 48V. Die Kommunikation mit der Maschinensteuerung ist via CANopen, Ethernet und EtherCAT möglich.

Tabelle 10.1

Drehmoment-	Genauig-	Dynamik	Kipp-	Geringes	Kurze	Kleiner Außen-	Große	Temperatur-
kapazität	keit		steifigkeit	Gewicht	Bauform	durchmesser	Hohlwelle	bereich
•••	•••	•	•••	•	•	•••	•••	••

Technische Daten

Aktuator IHD-20 mit 24 V DC Spannungsversorgung

Tabelle 11.1

			Daten Aktuator			Daten Abtriebslager			Abmessungen		
Bau- größe	Unter- setzung i []	Spannungs- versorgung V _{cc} [VDC]	Maximales Dreh- moment T _{max} [Nm]	Maximale Drehzahl n _{max} [min ⁻¹]	Stillstands- drehmoment T _o [Nm]	Radiallast	Axiallast	Dynamisches Kippmoment M _{dyn (max)} [Nm]	maß	L [mm]	Hohlwellen- durch- messer d _H [mm]
	50		73	68	44	8600 15800					
20	100	24 107 120	107	34	64		15800	172	106	127	18
	160		120	21	64						

Aktuator IHD-20 mit 48 V DC Spannungsversorgung

Tabelle 11.2

			Daten Aktuator			Daten Abtriebslager			Abmessungen							
Bau- größe	Unter- setzung i[]	Spannungs- versorgung V _{cc} [VDC]	Maximales Dreh- moment T _{max} [Nm]	Maximale Drehzahl n _{max} [min ⁻¹]	Stillstands- drehmoment T _o [Nm]	Radiallast	Axiallast	Dynamisches Kippmoment M _{dyn (max)} [Nm]	maß	L [mm]	Hohlwellen- durch- messer d _H [mm]					
	50		73	120	44	8600 158										
20	100	48	107	60	64		8600	8600	8600	8600	8600	8600	15800	172	106	127
	160		120	38	64											







1003361 05/2021 V00

4. Bestellbezeichnungen

4.1 Übersicht

Tabelle 12.1

Bau- reihe	Bau- größe	Unt	erset	zung	Span- nung	Regler	Protokoll	Stecker	Bremse	Smart features	Technologieoptionen
	20.4	F0	100	160	12 24	II1 Intern	N=Ethernet E=EtherCAT	RS 0 = 0	0 = Ohne	Erweiterte Funktionen	Nach
IHD	20A 5	50	100	4	48 60		(siehe 4.1.2)	Kundenanforderung (siehe 4.1.3)			
Orderin	g code										
IHD	-20A		-50		-24	-II1	-E	-RS	-0	-XX	-SP

1) Auf Anfrage

4.1.1 Stecker

Tabelle 12.2

Bestellbezeichnung	Beschreibung
RS	Radial D-Sub
AS	Axial D-Sub (auf Anfrage)

4.1.2 Smart features

Der integrierte Dual Core Mikrocontroller verfügt über zusätzliche Rechenleistung, welche zur Entwicklung weiterer Funktionalitäten für spezifische Anwendungen genutzt werden kann. Diese anwendungsspezifische Funktionsentwicklung kann in enger Abstimmung mit dem Kunden erfolgen.

4.1.3 Technologieoptionen

Das integrierte Antriebssystem besteht aus einem Baukasten, in dem die einzelnen Komponenten an die Kundenwünsche angepasst werden können. Modifikationen am Gehäuse oder an dem elektrischen Anschluss können im Rahmen von kundenspezifischen Projekten vorgenommen werden.

4.2 Kombinationen

Tabelle 13.1

Baugröße Version		IHD-20A
Untersetzung	50	•
	100	•
	160	•
Kommunikationsschnittstelle	EtherCAT	•
	CANopen	•
Bremse	В	•

[•] verfügbar O auf Anfrage - nicht verfügbar



1003361 05/2021 V00

5. Technische Daten

5.1 Allgemeine technische Daten

Tabelle 14.1

Tabelle 14.1		
	Symbol [Einheit]	
Isolationsklasse (EN 60034-1)		F
Isolationswiderstand (500 VDC)	MΩ	100
Isolationsspannung (10 s)	$V_{\rm eff}$	700
Schmierung		4BNo2
Schutzart (EN 60034-5)		IP68
Umgebungstemperatur Betrieb	°C	0 40
Umgebungstemperatur Lagerung	°C	-20 60
Aufstellhöhe (ü. NN)	m	< 1000
Relative Luftfeuchte (ohne Kondensation)	%	20 80
Vibrationsbeständigkeit (DIN IEC 60068 Teil 2-6, 10 500 Hz)	g	5
Schockfestigkeit (DIN IEC 60068 Teil 2-27, 11 ms)	g	30
Korrosionsschutz (DIN IEC 60068 Teil 2-11 Salzsprühtest)	h	-
Temperatursensoren		1 x PT1000 ¹⁾
Getriebe-Einbausatz		CSG
Reglerdaten		
Regler		i201A-H1-1.1.0
Versorgung		
Empfohlene Spannungsversorgung	V _{DC}	24-48
Empfohlene STO Eingangsspannung	V _{DC}	5-30
Empfohlene Spannungsversorgung der Logik (optional)	V_{DC}	8-30
Standby Energieverbrauch	W	<= 5
Schnittstellen		
EtherNet EtherCAT CANopen		Cyclic Synchronous Position Cyclic Synchronous Velocity Cyclick Synchronous Current Profiled Position (trapezoidal and s-curves) Profile Velocity Interpolated Position (P, PT, PVT) Homing
Zusätzliche Ein- und Ausgänge		
Digitaleingang	V _{DC}	3.3 & 5
Open collector Ausgang mit maximaler Stromsenke	mA	100
Differenzieller Analogeingang	V_{DC}	+/-10
Empfohlener Bremswiderstand	Ω	10 (200 W / max 5A)
1) Sichere Trennung nach EN 61800-5-1		

¹⁾ Sichere Trennung nach EN 61800-5-1

Die im nachfolgenden angegebenen Dauerbetriebskennlinien gelten bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C und einer Aluminiumkühlfläche mit folgenden Abmessungen:

Tabelle 14.2

Baureihe	Baugröße Version	Einheit	Abmessung
IHD	20A	[mm]	300 x 300 x15

14 1003361 05/2021 V00

5.2 Aktuatordaten

5.2.1 IHD-20A mit 24 V DC Versorgungsspannung

Technische Daten

Tabelle 15.1

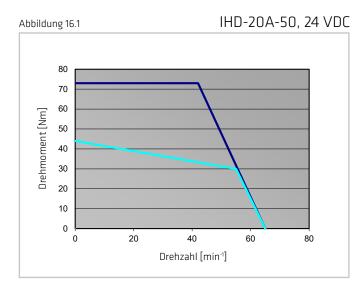
	Symbol [Einheit]		IHD-20A			
Mechanische Daten						
Untersetzung	i []	50	100	160		
Maximales Drehmoment	T _{max} [Nm]	73	107	120		
Maximale Drehzahl	n _{max} [min ⁻¹]	68	34	21		
Stillstandsdrehmoment	T ₀ [Nm]	44	64	64		
Hohlwellendurchmesser	d _H [mm]		18,1			
Gewicht ohne Bremse	m [kg]		3,3			
Gewicht mit Bremse	m [kg]		3,7			
Mechanische Zeitkonstante (ohne Bremse)	T _m [ms]		5,7			
Elektrische Daten						
Maximalstrom (für 2 s)	I _{max} [A _{eff}]	27,8	20,1	14,5		
Maximale stationäre Zwischenkreisspannung	U _{DCmax} [V _{DC}]		60			
Stationäre Zwischenkreisspannung	U _{DC} [V _{DC}]		24			
Elektrische Zeitkonstante (20 °C)	t _e [ms]		1,2			
Bemessungspunkt						
Bemessungsdrehzahl	n _N [min ⁻¹]	50	27	18		
Bemessungsdrehmoment	T _N [Nm]	32	64	64		
Bemessungsstrom	I _N [A _{DC}]	11,2	11,5	7,8		
Bemessungsspannung	U _N [V _{DC}]		24			
Elektrische Eingangsleistung	P _{in} [W]	268	277	187		
Mechanische Ausgangsleistung	P _{out} [W]	168	181	121		
Nennwirkungsgrad	ŋ _N [%]	62,7	65,3	64,7		
Nenndrehmoment Getriebe-Einbausatz zur Berechnung der Wave Generator Lebensdauer	T _N [Nm]	33	52	52		
Nenndrehzahl Eingangsleistung Getriebe- Einbausatz zur Berechnung der Wave Generator Lebensdauer	n _N [min ⁻¹]	2000				
Thermische Spezifikationen						
Umgebungstemperatur	T _{amb} [°C]		40			
Maximale Wicklungstemperatur	T _{cu,max} [°C]	105	105	90		
Maximale Gehäusetemperatur	T _{frame,max} [°C]	85	85	75		
Thermische Aktuatorzeitkonstante	T _{th} [s]		2200			
·						

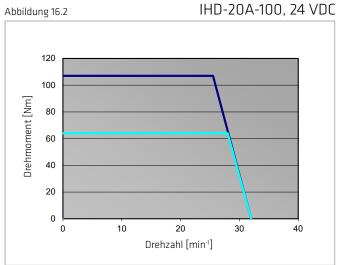
1003361 05/2021 V00

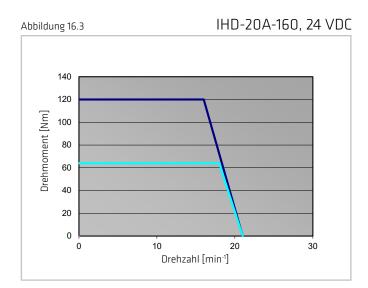
15

Leistungscharakteristik

Die dargestellten Leistungskurven sind gültig für die spezifizierte Umgebungstemperatur (Betrieb) und die angegebene DC-Zwischenkreisspannung.







5.2.2 IHD-20A mit 48 V DC Spannungsversorgung

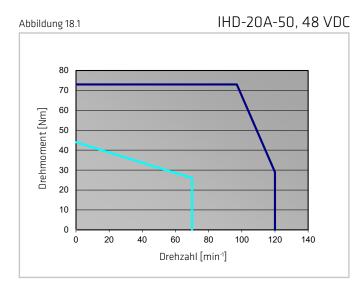
Technische Daten

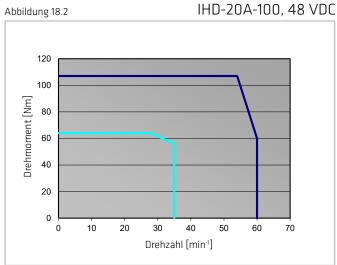
Tabelle 17.1

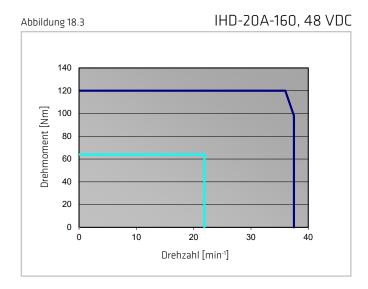
	Symbol		IHD-20A	
	[Einheit]			
Mechanische Daten				
Untersetzung	i[]	50	100	160
Maximales Drehmoment	T _{max} [Nm]	73	107	120
Maximale Drehzahl	n _{max} [min ⁻¹]	120	60	38
Stillstandsdrehmoment	T ₀ [Nm]	44	64	64
Hohlwellendurchmesser	d _H [mm]		18,1	
Gewicht ohne Bremse	m [kg]		3,3	
Gewicht mit Bremse	m [kg]		3,7	
Mechanische Zeitkonstante (ohne Bremse)	T _m [ms]		5,7	
Elektrische Daten				
Maximalstrom (für 2 s)	I _{max} [A _{eff}]	27,3	20,6	14,7
Maximale stationäre Zwischenkreisspannung	U _{DCmax} [V _{DC}]		60	
Stationäre Zwischenkreisspannung	U _{DC} [V _{DC}]		48	
Elektrische Zeitkonstante (20 °C)	t _e [ms]		1.2	
Bemessungspunkt				
Bemessungsdrehzahl	n _N [rpm]	70	35	21
Bemessungsdrehmoment	T _N [Nm]	26	56	64
Bemessungsstrom	I _N [A _{DC}]	6,2	6,5	4,5
Bemessungsspannung	U _N [V _{DC}]		48	
Elektrische Eingangsleistung	P _{in} [W]	297	311	218
Mechanische Ausgangsleistung	P _{out} [W]	190	207	141
Nennwirkungsgrad	ŋ _N [%]	63,9	66,6	64,6
Nenndrehmoment Getriebe-Einbausatz zur Berechnung der Wave Generator Lebensdauer	T _N [Nm]	33	52	52
Nenndrehzahl Eingangsleistung Getriebe- Einbausatz zur Berechnung der Wave Generator Lebensdauer	n _N [min ⁻¹]		2000	
Thermische Spezifikationen				
Umgebungstemperatur	T _{amb} [°C]		40	
Maximale Wicklungstemperatur	T _{cu,max} [°C]	105	105	90
Maximale Gehäusetemperatur	T _{frame,max} [°C]	85	85	75
Thermische Aktuatorzeitkonstante	T _{th} [s]	2200		

Leistungscharakteristik

Die dargestellten Leistungskurven sind gültig für die spezifizierte Umgebungstemperatur (Betrieb) und die angegebene DC-Zwischenkreisspannung.







Massenträgheitsmomente

Tabelle 19.1

	Symbol [Einheit]	IHD-20A		
Untersetzung	i []	50	100	160
Massenträgheitsmomente abtriebsseitig				
Massenträgheitsmoment ohne Bremse	J _{out} [kgm²]	0,34	1,38	3,52
Massenträgheitsmoment mit Bremse	J _{out} [kgm²]	0,39	1,56	4
Massenträgheitsmomente motorseitig				
Massenträgheitsmoment motorseitig ohne Bremse	J [x10 ⁻⁴ kgm²]	1,4		
Massenträgheitsmoment motorseitig mit Bremse	J [x10 ⁻⁴ kgm²]	1,6		

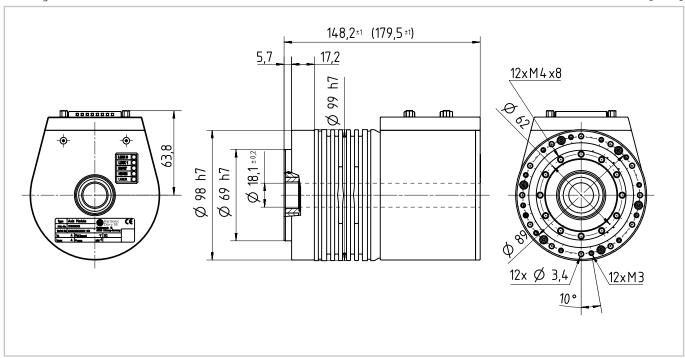
Technische Daten Motorbremse

Tabelle 19.2

	Symbol [Einheit]		IHD-20A	
Untersetzung	i[]	50	100	160
Bremsenspannung	U _{Br} [VDC]	24 ± 10 %		
Haltemoment Bremse (Abtrieb)	T _{Br} [Nm]	36	72	115
Leistungsaufnahme Bremse	P _{Br} [W]	9,5		
Öffnungsstrom der Bremse	I _{OBr} [ADC]	0,4		
Anzahl Bremsungen bei n = 0 min ⁻¹		-		
Anzahl Notbremsungen		-		
Öffnungszeit	t _o [ms]	-		
Schließzeit	t _c [ms]	-		

5.3 Abmessungen

Abbildung 20.1 [mm]





Maßstabsgerechte CAD-Zeichnungen im 2D- und 3D-Format stellen wir Ihnen gerne auf Anfrage zur Verfügung.

5.4 Genauigkeit

Tabelle 20.1

	Symbol [Einheit]	IHD-20A [®]
Untersetzung	i[]	≥ 50
Übertragungsgenauigkeit	[arcmin]	<1
Wiederholgenauigkeit	[arcmin]	< ±0,1
Hystereseverlust	[arcmin]	<1
Lost Motion	[arcmin]	<1

¹⁾ Bezogen auf die Getriebegenauigkeit, mit motorseitigem Encoder.

5.5 Torsionssteifigkeit

Tabelle 20.2

	Symbol [Einheit]	IHD-20A [®]		
Cuanadyahanamanta	T₁[Nm]	7		
Grenzdrehmomente	T ₂ [Nm]	25		
Untersetzung	i[]	50	> 50	
	K ₃ [·10³ Nm/rad]	23	29	
Torsionssteifigkeit	K₂[·10³ Nm/rad]	18	25	
	K ₁ [·10³ Nm/rad]	13	16	

¹⁾ Torsionssteifigkeit bezogen auf das Getriebe

5.6 Lagerung

5.6.1 Abtriebslager

Die Servoaktuatoren sind mit einem hochbelastbaren Abtriebslager ausgerüstet. Dieses speziell für den Aktuator entwickelte Lager nimmt sowohl Axial- und Radialkäfte als auch große Kippmomente auf. Es verhindert ein Verkippen des Getriebes, so dass eine lange Lebensdauer und gleichbleibende Genauigkeit erreicht werden. Für den Anwender bedeutet die Integration dieses Abtriebslagers eine erhebliche Reduzierung der Konstruktions- und Fertigungskosten, da zusätzliche externe Lagerstellen nicht vorgesehen werden müssen.

5.6.2 Technische Daten

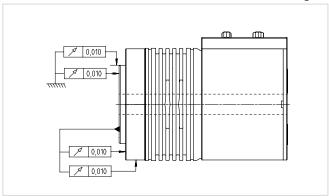
Tabelle 21.1

	Symbol [Einheit]	IHD-20A
Lagertyp ¹⁾		С
Teilkreisdurchmesser	d _p [m]	0,07
Abstand	R [m]	0,016
Dynamische Tragzahl	C [N]	21000
Statische Tragzahl	C _o [N]	27000
Dynamisches Kippmoment ²⁾	M _{dyn (max)} [Nm]	172
Statisches Kippmoment ³⁾	M _{0 (max)} [Nm]	603
Kippsteifigkeit ⁵⁾	K _B [Nm/arcmin]	70
Dynamische Axiallast ⁴⁾	F _{A dyn (max)} [N]	15800
Dynamische Radiallast ⁴⁾	F _{R dyn (max)} [N]	8600

¹⁾ C = Kreuzrollenlager, F = Vierpunktlager

- 3) Diese Daten gelten für statisch belastete Getriebe und einem statischen Sicherheitsfaktor $f_{\rm c}$ = 1,8
- 4) Diese Daten gelten für n =15 min $^{\text{-}1}$ und $\rm L_{10}$ = 15000 h.
- 3,4) Die Daten gelten unter folgenden Voraussetzungen.
- $M_0: F_a = 0 N; F_r = 0 N$
- F_a : $M_0 = 0$ Nm; $F_r = 0$ N F_r : $M_0 = 0$ Nm; $F_a = 0$ N
- 5) Mittelwert

Abbildung 21.2



5.6.3 Toleranzen

Tabelle 21.3

	[Einheit]	IHD-20A
a	[mm]	0,01
b	[mm]	0,01
С	[mm]	0,01
d	[mm]	0,01

1003361 05/2021 VOO

²⁾ Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren nicht auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers, sondern auf der max. zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauerberechnung des Lagers höhere Werte zulässt.

5.7 Feedbacksysteme

Der IHD Aktuator ist mit einem sogenannten Dual-Feedback-System ausgestattet.

Im System stehen zwei Singleturn-Absolutpositionssensoren zur Verfügung. Ein Sensor ist an der Motorwelle, der zweite an der Getriebeausgangsseite, also der Getriebehohlwelle, angeschlossen. Wichtige Parameter sind:

Tabelle 22.1

Sensortypen	Symbol [Einheit]		
Funktion		Singleturn absolut	
Code disk		Master-Nonius	
Anzahl der Pole		64/63	
A	Bit	16	
Auflösung	Counts	65536	
Positionsgenauigkeit	p2p [°]	0.2	

5.8 Temperatursensoren

Zum Wicklungsschutz bei Drehzahl > 0 ist in die Motorwicklung ein Temperatursensor integriert. Für Anwendungen mit hoher Last bei n = 0 ist ein zusätzlicher Schutz (zum Beispiel I²t Überwachung) empfehlenswert.

Tabelle 22.1

Sensortyp	Anzahl	Kennwert	Symbol [Einheit]	Gren	zwert
				Warnung	Abschaltung
PT 1000	1	Temperatur	T [°C]	105	115

5.9 Elektrische Anschlüsse

Tabelle 23.1

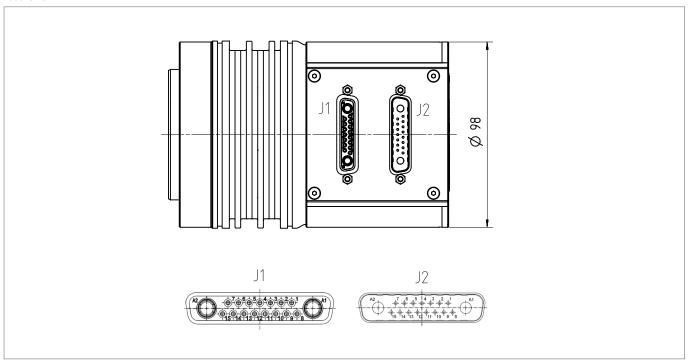


Tabelle 23.2

Ausgangsstecker J1 (Female)			ngsstecker (Male)
PIN	Beschreibung	PIN	Beschreibung
16 - A1	DC-BUS +	16 - A1	DC-BUS +
1	P1 - CH / TX+	1	P0 - CH / TX+
2	P1 - CL /TX-	2	P0 - CL /TX-
3	P1 - CG / RX+	3	P0 - CG / RX+
4	P1-CT / RX-	4	PO-CT / RX-
5	D-OUT	5	D-IN
6	D-GND / AN REF	6	D-GND / AN REF
7	nc	7	Bres
8	nc	8	Bres
9	AN+	9	AN+
10	AN-	10	AN-
11	LOGIC+	11	LOGIC+
12	LOGIC-	12	LOGIC-
13	STO - 1	13	STO - 1
14	STO - REF	14	STO - REF
15	STO - 2	15	STO - 2
17 - A2	DC-BUS-	17 - A2	DC-BUS-



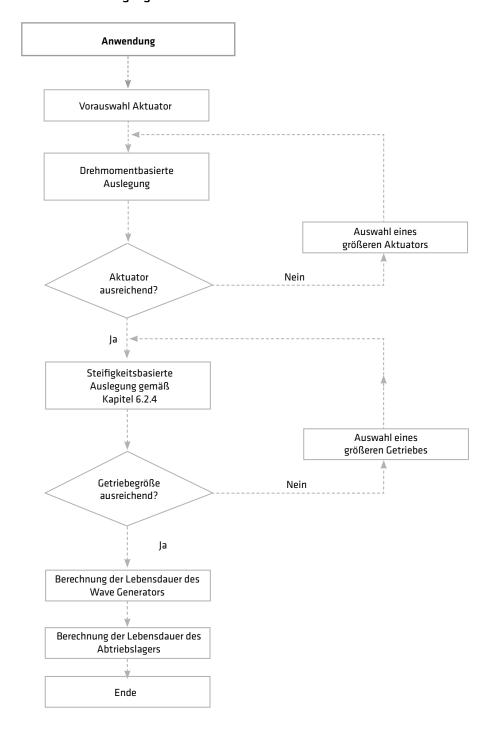
6. Aktuatorauslegung

6.1 Auswahlschema Servoaktuatoren

Bei der Auslegung sollten grundsätzlich sowohl Drehmoment- als auch Steifigkeitsanforderungen berücksichtigt werden. Während z. B. bei Robotikanwendungen eher die erforderlichen Drehmomente ausschlaggebend für die Getriebebaugröße sind, ist im Werkzeugmaschinenbau oft die prozessnotwendige Torsionssteifigkeit entscheidend. Zusätzlich sollten für die Abtriebslager sowohl die Lebensdauer, als auch die statische Sicherheit berechnet werden. Wir empfehlen daher, die Auslegung gemäß dem folgenden Schema durchzuführen.

HINWEIS

Wir unterstützen Sie gerne bei Ihrer Getriebeauslegung. Bitte kontaktieren Sie unseren Vertrieb.



VOO

6.2 Auslegung des Aktuators

6.2.1 Drehmomentbasierte Auslegung

Überprüfung der zulässigen Belastungen

T ₁ T _n	[Nm]
t, t _n	[s]
t _o	[s]
t _p	[s]
T_{L}	[Nm]
n ₂	[min ⁻¹]
J _L	[kgm²]
L _{10erf.}	[h]
	t ₁ t _n t _o t _p T _L

Zulässige Belastung des Getriebes		
Maximales Drehmoment	T_{max}	[Nm]
Maximale Drehzahl	n _{max}	[min ⁻¹]
Massenträgheitsmoment	Jout	[kgm²]

Gleichung 25.2

Vorauswahl des Servoaktuators anhand der Belastungsdaten

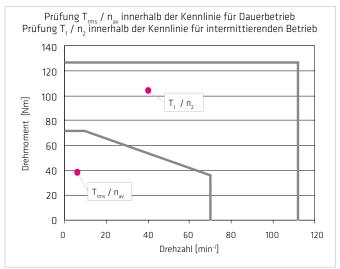
 $n_2 \le n_{\text{max}}$ $J_L \le K \cdot J_{\text{out}}$

 $K \leq 3$ für dynamische Anwendungen $K > 3 \ ... \leq 10$ für weniger dynamische Anwendungen

Gleichung 25.4

Prüfung der zulässigen maximalen Drehmoments $T_{\rm 1} \leq T_{\rm max}$

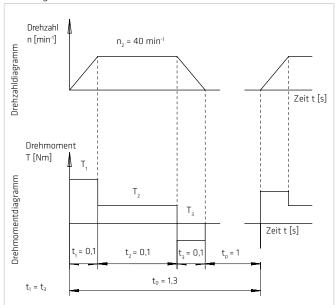
Abbildung 25.6



Gleichung 25.10

Prüfung der Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers Berechnete Lebensdauer L_{10} > erforderliche Lebensdauer L_{10} = reforderliche Lebensdauer L

Abbildung 25.1



Gleichung 25.3

Ermittlung des Drehzahlzyklus anhand der Belastungskurve und Vorauswahl des Servoaktuators

Gleichung 25.5

Berechnung des Beschleunigungsdrehmomentes

$$T_1 = T_L + \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{(J_{out} + J_L) \cdot n}{t_1}$$

Hinweis: Bei Servoaktuatoren ist das Aktuatorträgheitsmoment ebenfalls zu berücksichtigen!

Gleichung 25.7

Berechnung des Effektivdrehmomentes

$$T_{rms} = \sqrt[2]{\frac{T_1^2 \cdot t_1 + T_2^2 \cdot t_2 + ... T_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + ... t_n + t_n}}$$

Gleichung 25.8

 $\label{eq:nave_problem} \textbf{Berechnung der durchschnittlichen Drehzahl} \\ \textbf{n}_{\text{av}} = \frac{|\textbf{n}_1| \cdot \textbf{t}_1 + |\textbf{n}_2| \cdot \textbf{t}_2 + ... |\textbf{n}_n| \cdot \textbf{t}_n}{\textbf{t}_1 + \textbf{t}_2 + ... \textbf{t}_n + \textbf{t}_p}$

Gleichung 25.9

Berechnung der Einschaltdauer $ED = \frac{t_1 + t_2 + \dots t_n}{t_1 + t_2 + \dots t_n + t_p} \cdot 100 \%$

Gleichung 25.11

Ermittlung der Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers gemäß Kapitel 6.2.2

Rechenbeispiel

Für die drehmomentbasierte Auslegung sollte ein Referenzzyklus zugrunde gelegt werden, der eine typische Belastung des-Getriebes inklusive Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen darstellt.

Bel	Belastungsdaten der Anwendung									
J _L	=	1,3 kgm²	t _o	=	1,3	S	n _p	=	0,2 s	
t ₁	=	0,1 s	L _{10erf.}	=	7000	S	K	≤	3	
t ₂	=	0,1 s	n ₁	=	3	S	T_{\scriptscriptstyleL}	=	5 Nm	
t ₃	=	0,1 s	n ₂	=	0,4	S				
t _p	=	1,0 s	n ₃	=	0,15	S				

Zulässige Belastung des Aktuators						
Vorausgewählter Aktuator	CanisDri	ve-2	5A-50			
Maximales Drehmoment	T _{max}	=	127 Nm			
Maximale Drehzahl	n _{max}	=	112 min ⁻¹			
Massenträgheitsmoment	Jout	=	127 kgm²			

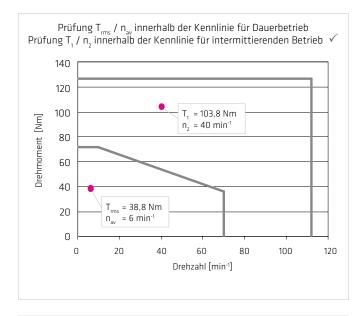
Vorauswahl des Servoaktuators anhand der Belastungsdaten

$$\begin{array}{ll} n_2 = 40 \text{ min}^{-1} \leq n_{max} = 112 \text{ min}^{-1} & \checkmark \\ J_L = 1.3 \text{ kgm}^2 & \leq 3 \cdot J_{out} = 1,063 \text{ kgm}^2 & \checkmark \\ K \leq 3 \text{ für dynamische Anwendungen geeignet} \end{array}$$

Ermittlung des Drehzahlzyklus anhand der Belastungskurve

Prüfung des zulässigen maximalen Drehmoments $T_1 = 103.8 \text{ Nm} \leq T_{max} = 127 \text{ Nm}$

Berechnung des Beschleunigungsdrehmomentes $T_{_1}=5+\frac{2\pi}{60}\cdot\frac{(1,3+1,06)\cdot 40}{0,1}=103,8\;Nm$ Hinweis: Bei Servoaktuatoren ist das Aktuatorträgheitsmoment ebenfalls zu berücksichtigen!



Berechnung des Effektivdrehmomentes
$$T_{2} = T_{L} = 5 \text{ Nm}$$

$$T_{3} = T_{L} - (T_{1} - T_{L}) = -93.8 \text{ Nm}$$

$$T_{rms} = -\sqrt{\frac{103.8^{2} \cdot 0.1 + 5^{2} \cdot 0.1 + (-93.8)^{2} \cdot 0.1}{1.3}} = 38.8 \text{ Nm}$$

Berechnung der durchschnittlichen Drehzahl

$$n_{av} = \frac{|20| \cdot 0.1 + |40| \cdot 0.1 + |20| \cdot 0.1}{1.3} = 6 \text{ min}^{-1}$$

Berechnung der Einschaltdauer

$$ED = \frac{0.1 + 0.1 + 0.1}{1.3} \cdot 100\% = 23\%$$

Prüfung der Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers L_{10} = 18211 h > $L_{erf.}$ = 7000 h

Ermittlung der Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers

$$L_{10} = \frac{1}{5} \cdot \frac{2000}{300} \cdot \left(\frac{51}{78,6}\right) = 18211 \text{ h}$$

6.2.2 Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers

Die Lebensdauerberechnung von Getrieben und Servoaktuatoren auf Basis des Wellgetriebeprinzips bezieht sich auf die Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers. Die in den Leistungsdatentabellen angegebenen Nenndrehmomente bei Nenndrehzahl basieren auf der nominellen Lebensdauer L_a des Wave Generator Kugellagers.

Die zu erwartende Lebensdauer kann bei gegebener durchschnittlicher Eingangsdrehzahl $n_{in av}$ und gegebenem durchschnittlichen Abtriebsdrehmoment T_{av} mit Gleichung 27.1 ermittelt werden. Die Lebensdauer L_{50} gibt die rechnerische Lebensdauer bei 50 % Ausfallwahrscheinlichkeit, L_{10} bei 10 % Ausfallwahrscheinlichkeit an.

Gleichung 27.1

$$L_{50} = L_n \frac{n_N}{n_{in \ av}} \left(\frac{T_N}{T_{av}}\right)^3$$

Gleichung 27.2

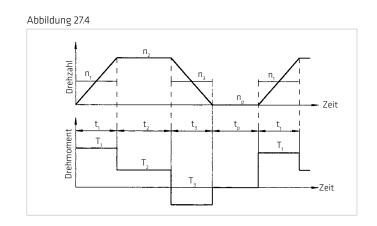
$$L_{10} \approx \frac{1}{5} \cdot L_{50}$$

Tabelle 27.3

Harmonic Drive® Baureihen	Nominelle Lebensdauer L _n [h]	Nenndrehzahl n _N [min¹]
CobaltLine, CSG, SHG, CanisDrive®, BHA, IHD	50000	2000
HFUC, HFUS, CPL, CSD, CPU, CSF-Mini, SHD, CHA, CHA-C, FHA-C, FHA-C Mini, LynxDrive, BDA-HFUC, RSF-Mini	35000	2000
PMG-5, PMA-5	15000	4500
PMG-8 14, PMA-8 14	15000	3500

Das durchschnittliche Abtriebsdrehmoment kann mit Gleichung 27.5 und die durchschnittliche Antriebsdrehzahl mit Gleichung 27.6 berechnet werden.

Belastungsdaten der Anwendung		
Drehmoment (Stufe 1 n)	T ₁ T _n	[Nm]
Belastungszeit (Stufe 1 n)	t ₁ t _n	[s]
Pausenzeit	t _p	[s]
Abtriebsdrehzahl (Stufe 1 n)	n ₁ n _n	[min ⁻¹]
Maximales Drehmoment	T_{max}	[Nm]
Durchschnittliches Drehmoment	T_{av}	[Nm]
Maximale Abtriebsdrehzahl	n _{out max}	[min ⁻¹]
Maximale Antriebsdrehzahl	n _{in max}	[min ⁻¹]
Daten des Getriebes		
Nenndrehmoment	T _n	[min ⁻¹]
Nenndrehzahl	n _n	[Nm]
Nominelle Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers	T _n	[min ⁻¹]



Gleichung 27.5

$$T_{av} = \sqrt[-3]{ \frac{\left| n_1 \cdot T_1^{3} \right| \cdot t_1 + \left| n_2 \cdot T_2^{3} \right| \cdot t_2 + \dots + \left| n_n \cdot T_n^{3} \right| \cdot t_n}{\left| n_1 \right| \cdot t_1 + \left| n_2 \right| \cdot t_2 + \dots + \left| n_n \right| \cdot t_n}}$$

Gleichung 27.6

$$n_{\text{out av}} = \frac{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + t_p}$$

Gleichung 27.7

$$n_{in\,av} = i \cdot n_{out\,av}$$

1003361 05/2021 V00

6.2.3 Ermittlung des Torsionswinkels

Der Torsionswinkel des Getriebes oder Servoaktuatoren unter Last kann wie folgt berechnet werden:

Gleichung 28.1

$$T \leq T_1$$

$$\varphi = \frac{T}{K_1}$$

 ϕ = Winkel [rad]

T = Drehmoment [Nm]

 T_1 = Grenzdrehmoment 1 aus Kapitel "Torsionssteifigkeit" [Nm]

T₂ = Grenzdrehmoment 2 aus Kapitel "Torsionssteifigkeit" [Nm]

 K_1^2 = Torsionssteifigkeit bis Grenzdrehmoment T_1 aus Kapitel "Torsionssteifigkeit" [Nm/rad]

K₂ = Torsionssteifigkeit bis Grenzdrehmoment T₂ aus Kapitel "Torsionssteifigkeit" [Nm/rad]

K₃ = Torsionssteifigkeit oberhalb Grenzdrehmoment T₂ aus Kapitel "Torsionssteifigkeit" [Nm/rad]

Gleichung 28.2

$$T_1 < T \le T_2$$

$$\varphi = \frac{T_1}{K_1} + \frac{T - T_1}{K_2}$$

Gleichung 28.3

$$T > T_2$$

$$\phi = \frac{T_1}{K_1} + \frac{T_2 - T_1}{K_2} + \frac{T - T_2}{K_3}$$

Beispiel: Einbausatz CSG-32-100-2A-GR

Anwendungsdaten: T = 60 Nm

Getriebekennwerte: $K_1 = 67 \cdot 10^3 \text{ Nm/rad}$

 $T_1 = 29 \text{ Nm}$ $T_2 = 108 \text{ Nm}$

 $K_{2} = 110 \cdot 10^{3} \text{ Nm/rad}$ $K_{3} = 120 \cdot 10^{3} \text{ Nm/rad}$ $\phi = \frac{29 \text{ Nm}}{67 \cdot 10^{3} \text{ Nm/rad}} + \frac{60 \text{ Nm} \cdot 29 \text{ Nm}}{110 \cdot 10^{3} \text{ Nm/rad}}$ $\phi = 2,5 \text{ arcmin}$ $\phi = 7,15 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$

Gleichung 28.4

 φ [arcmin] = φ [rad] $\cdot \frac{180 \cdot 60}{\pi}$

6.2.4 Steifigkeitsbasierte Auslegung

Empfohlene minimale Resonanzfrequenzen

Zusätzlich zum Auswahlschema "Drehmomentbasierte Auslegung" empfehlen wir die Durchführung einer steifigkeitsbasierten Auslegung. Dafür sollten die in Tabelle 29.1 angegebenen Kenngrößen für die anwendungsspezifisch empfohlenen minimalen Resonanzfrequenzen berücksichtigt werden. Grundsätzlich gilt: Je höher die Anforderung an eine vibrationsarme Bewegung und je höher die Bewegungsdynamik, um so höher sind die empfohlenen minimalen Resonanzfrequenzen.

Tabelle 29.1

Anwendung	Einheit	f,
Langsam drehende Drehtische, langsam drehende Schweißroboter-Grundachsen (kein Laserschweißen), langsam drehende Schweiß- und Schwenktische, Palettierroboter-Achsen	[Hz]	≥ 4
Knickarmroboter-Grundachsen, Knickarmroboter-Handachsen mit geringen Dynamikanforderungen, Werkzeugrevolver, Werkzeugmagazine, Schwenk- und Positionierachsen in medizinischen Geräten und Messgeräten	[Hz]	≥ 8
Standard-Anwendungen im allgemeinen Maschinenbau, Schwenkachsen, Palettenwechsler, hochdynamische Werkzeugwechsler, -revolver, und -magazine, Knickarmroboter-Handachsen, Scara-Roboter, Portalroboter, Polierroboter, dynamische Schweißwender, Schweißroboter-Grundachsen (Laserschweißen), Schwenk- und Positionierachsen in medizinischen Geräten	[Hz]	≥ 15
B / C-Achsen in 5-Achs-Schleifmaschinen, Schweißroboter-Handachsen (Laserschweißen), Fräsköpfe Kunststoffbearbeitung	[Hz]	≥ 20
C-Achsen in Drehmaschinen, Fräsköpfe Leichtmetallbearbeitung, Fräsköpfe Holzbearbeitung (Spanplatten etc.)	[Hz]	≥ 25
Fräsköpfe Holzbearbeitung (Hartholz etc.)	[Hz]	≥ 30
C-Achsen in Drehmaschinen*	[Hz]	≥ 35
Fräsköpfe für Metallbearbeitung*, B-Achsen in Dreh-Fräszentren für Metallbearbeitung	[Hz]	≥ 40
Fräsköpfe für Metallbearbeitung*, B-Achsen in Dreh-Fräszentren für Metallbearbeitung mit hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität*	[Hz]	≥ 50
Fräsköpfe für Metallbearbeitung mit sehr hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität*	[Hz]	≥ 60

^{*} Je nach Anwendung kann eine nachgeschaltete Getriebestufe sinnvoll sein. Wir empfehlen Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.

Berechnung der Resonanzkennwerte

Resonanzfrequenz (Getriebeabtrieb)

Mit der Gleichung 30.1 kann bei gegebener Torsionssteifigkeit K₁ des Harmonic Drive® Getriebes und dem Massenträgheitsmoment der Last die abtriebsseitige Resonanzfrequenz berechnet werden.

Gleichung 30.1

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_1}{J}} [Hz]$$

f = Resonanzfrequenz [Hz]
K = Getriebe Torsionssteifigkeit K, [Nm/rad]
J = Massenträgheitsmoment der Last [kgm²]

Die berechnete Frequenz sollte höher sein als der in Tabelle 48.1 angegebene Wert. Mit steigendem Massenträgheitsmoment der Last wächst auch der Einfluss der Anwendung auf das Auslegungsergebnis. Wenn das Massenträgheitsmoment = 0 ist, hat die gewählte Anwendung keinen rechnerischen Einfluss auf das Auslegungsergebnis.

Resonanzdrehzahl (Getriebeeingang)

Die Resonanzdrehzahl na der Antriebsseite (Motorseite) kann mit der Gleichung 30.2 berechnet werden.

Gleichung 30.2

$$n_n = f_n \cdot 30 \, [min^{-1}]$$

Wir empfehlen, die Resonanzdrehzahl im Betrieb zügig zu durchfahren. Dies kann durch die Wahl einer geeigneten Getriebeuntersetzung erfolgen. Eine andere Möglichkeit ist die Wahl einer geeigneten Getriebesteifigkeit, so dass die Resonanzdrehzahl außerhalb des geforderten Drehzahlbereichs liegt.

Auslegungsbeispiel

CSG-40-120-2A-GR vorausgewählt gemäß "Auswahlschema: Drehmomentbasierte Auslegung".

Geplante Anwendung: Fräskopf Holzbearbeitung Abtriebsseitiges Massenträgheitsmoment: 7 kgm² Empfohlene minimale Resonanzfrequenz aus Tabelle 48.1: ≥ 30 Hz

Rechnerische Resonanzfrequenz des vorausgewählten Getriebes CSG-40-120-2A-GR:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1.3 \cdot 10^5}{7}} = 22 \text{ Hz}$$

Gemäß steifigkeitsbasierter Auslegung ist diese Baugröße für die Anwendung zu klein.

Mit dem größeren Getriebe CSG-50-120-2A-GR ergibt sich folgende rechnerische Resonanzfrequenz:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2.5 \cdot 10^5}{7}} = 30 \text{ Hz}$$

Aufgrund der steifigkeitsbasierten Auslegung wird das Getriebe CSG-50-120-2A-GR empfohlen.

Die Resonanzdrehzahl am Aktuator (Motor) beträgt: $n_n = 30 \cdot 30 = 900 \text{ min}^{-1}$

Diese Drehzahl sollte während des Beschleunigens und Bremsens zügig durchfahren werden oder außerhalb des genutzten Drehzahlbereichs liegen.

6.3 Auslegung des Abtriebslagers

6.3.1 Lebensdauer bei kontinuierlichem Betrieb

Die Lebensdauer des Abtriebslagers kann mit Gleichung 31.1 bestimmt werden.

Gleichung 31.1

$$L_{10} = \frac{10^{6}}{60 \cdot n_{av}} \cdot \left(\frac{C}{f_{w} \cdot P_{c}} \right)^{B}$$

L₁₀ [h] = Lebensdauer (für 10 % Ausfallwahrscheinlichkeit)

n_{av} [min⁻¹] = Durchschnittliche Abtriebsdrehzahl, siehe folgende Seiten

C [N] = Dynamische Tragzahl

P_C [N] = Dynamische Äquivalentlast (Kapitel 6.3.3)

f_w = Betriebsfaktor (siehe Tabelle 33.2)

B = Lagertyp-Exponent (siehe Tabelle 33.3)

6.3.2 Lebensdauer bei Schwenkbewegungen

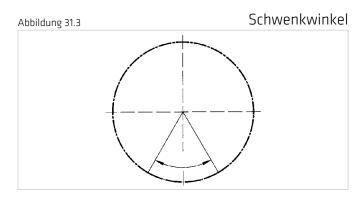
Die Lebensdauer bei reinen Schwenkbewegungen (oszillierende Bewegungen) wird mittels Gleichung 31.2 berechnet.

Gleichung 31.2

$$L_{oc} = \frac{10^6}{60 \cdot n_1} \cdot \frac{180}{\varphi} \cdot \left(\frac{C}{f_w \cdot P_c}\right)^B$$

Lebensdauer bei reiner Schwenkbewegung L_{oc} [h] (für 10 % Ausfallwahrscheinlichkeit) Anzahl Schwingungen/Minute n_1 [cpm] = (eine Schwingung entspricht 2φ) = Dynamische Tragzahl C [N] $P_{C}[N]$ = Dynamische Äquivalentlast (Kapitel 6.3.3) φ [°] = Schwenkwinkel f_w = Betriebsfaktor (Tabelle 33.2) В = Lagertyp-Exponent (siehe Tabelle 33.3)

Bei Schwenkwinkeln < 5° kann infolge Mangelschmierung Reibkorrosion auftreten. Wir bitten ggf. um Rücksprache. Lagertyp des gewählten Produktes siehe technische Daten des Abtriebslagers.



6.3.3 Dynamische Äquivalentbelastung

Bei einer dynamischen Lagerbelastung muss zur Lebensdauerberechnung der Belastungszyklus des Abtriebslagers umgerechnet werden in die dynamische Äquivalentlast sowie die durchschnittliche Abtriebsdrehzahl.

Abbildung 32.1

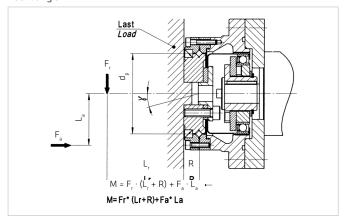
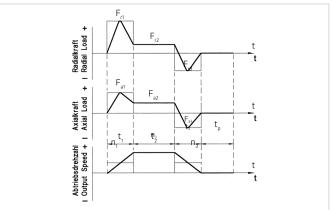


Abbildung 32.2



Dynamische Äquivalentlast

Gleichung 32.3

$$P_C = x \cdot \left(F_{rav} + \frac{2M}{dp}\right) + y \cdot F_{aav}$$

Gleichung 32.4

$$F_{rav} = \left(\frac{|n_1| \cdot t_1 \cdot (|F_{r1}|)^B + |n_2| \cdot t_2 \cdot (|F_{r2}|)^B + \ldots + |n_n| \cdot t_n \cdot (|F_{rn}|)^B}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \ldots + |n_n| \cdot t_n} \right)^{1/B}$$

Gleichung 32.5

$$F_{aav} = \left(\frac{-|n_1| \cdot t_1 \cdot (|F_{a1}|)^B + |n_2| \cdot t_2 \cdot (|F_{a2}|)^B + \ldots + |n_n| \cdot t_n \cdot (|F_{an}|)^B}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \ldots + |n_n| \cdot t_n} \right)^{1/B}$$

$$F_{rav}[N]$$
 = Durchschnittliche Radialkraft

$$F_{aav}[N] = Durchschnittliche Axialkraft$$

$$F_{m}[N] = Radialkraft der Stufe n$$

$$n_n [min^{-1}] = Drehzahl der Stufe n$$

Teilkreisdurchmesser der Rollenlaufbahn des

Daten des Abtriebslagers

x[] = Radialkraftfaktor (Tabelle 32.6)

y[] = Axialkraftfaktor (Tabelle 32.6)

M [Nm] = Durchschnittliches Kippmoment

B[] = Lagertyp-Exponent

Tabelle 32.6

Bedingung	x	У
$\frac{F_{aav}}{F_{rav} + 2 \cdot M / d_{p}} \le 1.5$	1	0,45
$\frac{F_{aav}}{F_{rav} + 2 \cdot M / d_p} > 1.5$	0,67	0,67

Durchschnittliche Abtriebsdrehzahl

Gleichung 33.1

$$n_{av} = \frac{|n_1| \cdot t_1 + t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + t_p}$$

Betriebsfaktor

Tabelle 33.2

Lastbedingungen	Betriebsfaktor f _w
Keine Stöße oder Schwingungen	11,2
Normale Belastung	1,2 1,5
Stöße und / oder Schwingungen	1,5 3

Lagertyp-Exponent

Tabelle 33.3

Lagertyp	Lagertyp-Exponent
Kreuzrollenlager	10/3
Vierpunktlager	3

6.3.4 Zulässige statische Lagerbelastung

Im Fall einer statischen Belastung des Abtriebslagers wird der statische Sicherheitsfaktor mit folgender Gleichung berechnet. Das Kapitel "Abtriebslager, technische Daten" enthält Angaben für das zulässige statische Kippmoment bei einem reinen statischen Kippmoment (ohne zusätzliche Axial- und Radialkraft).

Gleichung 34.1

$$f_S = \frac{C_0}{P_0} \text{ mit } P_0 = x_0 \left(F_r + \frac{2M}{d_p} \right) + y_0 \cdot F_a$$

f_s = Statischer Sicherheitsfaktor

 C_0 = Statische Tragzahl

x₀ = 1, Statischer Radialkraftfaktor

v_o = 0,44, Statischer Axialkraftfaktor

P_o = Statische Äquivalentlast

d_p = Teilkreisdurchmesser der Rollenlaufbahn des Abtriebslagers

M = Statisches Kippmoment

Tabelle 34.2

Betriebsbedingungen des Lagers	Empfehlungen für den statischen Sicherheitsfaktor f _s
Normal	~1,5
Schwingungen /Stöße	~ 2
Hohe Übertragungsgenauigkeit	~ 3

6.3.5 Kippwinkel

Der Auslenkungswinkel als Funktion des anliegenden Kippmomentes am Abtriebslager kann mit Gleichung 34.4 berechnet werden:

Gleichung 34.4

$$\gamma = \frac{M}{K_B}$$

 γ [arcmin] = Auslenkungswinkel des Abtriebslagers

M [Nm] = Anliegendes Kippmoment am Abtriebslager K_B [Nm/arcmin] = Kippsteifigkeit des Abtriebslagers

7. Konstruktionshinweise

7.1 Hinweise zur konstruktiven Integration

Zur konstruktiven Gestaltung empfehlen wir nachfolgende Passungswahl:

Tabelle 35.1

	Einheit	IHD-20A
Lastseitig		
Passung Lagerinnenring	[mm]	69 h7
Empfohlenes Toleranzfeld	[mm]	Н7
Gehäuseseitig		
Passung Lageraußenring	[mm]	98 h7
Empfohlenes Toleranzfeld	[mm]	H7

7.2 Schutz vor Korrosion und dem Eindringen von Fremdkörpern

Das Produkt erreicht bei montierten und gesteckten Steckern und Gegensteckern die Schutzart gemäß Tabelle "Technische Daten", wenn die Stecker für die o. g. Schutzart geeignet sind und durch die Umgebungsbedingungen (Flüssigkeiten, Gase, Taubildung) keine Korrosion an den Laufflächen der Radialwellendichtungen hervorgerufen wird. Sonderausführungen können von obiger Schutzart abweichen.

Scharfkantige oder abrasiv wirkende Teile (Späne, Splitter, Staub aus Metall, Mineralien, usw.) dürfen nicht mit Radialwellendichtungen in Kontakt kommen.

Ein permanent auf der Radialwellendichtung stehender Flüssigkeitsfilm muss verhindert werden. Infolge wechselnder Betriebstemperaturen entstehen Druckdifferenzen im Aktuator, die zum Einsaugen der auf der Wellendichtung stehenden Flüssigkeit führen.

Eine zusätzliche kundenseitige Wellendichtung oder ein Sperrluftanschluss sind vorzusehen, wenn ein permanent auf dem Wellendichtring stehender Flüssigkeitsfilm nicht verhindert werden kann. Eine Einhausung oder ein Sperrluftanschluss ist vorzusehen, wenn in der Umgebung des Aktuators ständig mit z. B. Ölnebel zu rechnen ist.

Spezifikation Sperrluft: konstanter Überdruck im Aktuator; die zugeführte Luft muss getrocknet und gefiltert sein, Überdruck max. 10⁴ Pa.

8. Installation und Betrieb

8.1 Transport und Lagerung

Der Transport sollte grundsätzlich in der Originalverpackung erfolgen.

Werden die Produke nach der Auslieferung nicht gleich in Betrieb genommen, so sind sie in einem trockenen, staub- und erschütterungsfreien Innenraum zu lagern. Sie sollten nicht länger als 2 Jahre bei Raumtemperatur (+5 °C bis +40 °C) gelagert werden, damit die Fettgebrauchsdauer erhalten bleibt.

INFO

Zugkräfte an den Anschlusskabeln sind zu vermeiden.

HINWEIS

Motorfeedbacksysteme können Lithiumbatterien enthalten. Lithiumbatterien sind Gefahrgut nach UN3090. Sie unterliegen daher im Allgemeinen Transportvorschriften, abhängig vom Verkehrsträger.

Die in den Motorfeedbacksystemen verbauten Batterien enthalten nicht mehr als 1 g Lithium oder Lithiumlegierung und sind von den Gefahrgutvorschriften freigestellt.

8.2 Aufstellung

Beachten Sie die Leistungsdaten und Schutzart und prüfen Sie die Eignung für die Verhältnisse am Einbauort. Durch geeignete konstruktive Maßnahmen ist dafür zu sorgen, dass keine Fremdmedien (Wasser, Bohr-, Kühlemulsion, Späne oder dergleichen) in das Gehäuse eindringen können.

HINWEIS

Die Montage muss ohne Schläge und Druck auf den Aktuator erfolgen.

Der Anbau muss so erfolgen, dass eine ausreichende Ableitung der Verlustwärme gewährleistet ist.

Bei Hohlwellenaktuatoren dürfen auf das Schutzrohr der Hohlwelle keine Radialkräfte und Axialkräfte wirken.

Während der Verschraubung mit dem Maschinengestell muss geprüft werden, ob sich der Aktuator in der Zentrierung des Maschinengehäuses ohne Klemmen drehen lässt. Bereits geringes Klemmen kann die Genauigkeit des Getriebes beeinträchtigen. In diesem Fall muss die Passung des Maschinengehäuses geprüft werden.

8.3 Mechanische Installation

Die erforderlichen Angaben zur Last- und Gehäusebefestigung sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 38.1

	Einheit	IHD-20A
	Elilleit	IND-20A
Montage der Last		
Anzahl der Schrauben		12
Schraubengröße		M4
Schraubenqualität		12.9
Teilkreisdurchmesser	[mm]	62
Anzugsdrehmoment	[Nm]	5,1
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	228
Montage des Gehäuses		
Anzahl der Schrauben		12
Schraubengröße		M3
Schraubenqualität		12.9
Teilkreisdurchmesser	[mm]	89
Anzugsdrehmoment	[Nm]	2,3
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	177

Die Daten in der Tabelle sind gültig für vollständig entfettete Anschlussflächen (Reibungskoeffizient µ=0,15).

Die Schrauben sind gegen Lösen zu sichern.

Die Gewinde der Lastbefestigung müssen abgedichtet werden.

Es wird empfohlen, LOCTITE 243 zur Schraubensicherung zu verwenden.

8.4 Elektrische Installation

Alle Arbeiten nur im spannungslosen Zustand der Anlage vornehmen.





Elektrische Servoaktuatoren und Motoren haben gefährliche, spannungsführende und rotierende Teile. Alle Arbeiten während dem Anschluss, der Inbetriebnahme, der Instandsetzung und der Entsorgung sind nur von qualifiziertem Fachpersonal auszuführen. EN 50110-1 und IEC 60364 beachten!

Vor Beginn jeder Arbeit, besonders aber vor dem Öffnen von Abdeckungen, muss der Aktuator vorschriftsmäßig freigeschaltet sein. Neben den Hauptstromkreisen ist dabei auch auf eventuell vorhandene Hilfsstromkreise zu achten.

Einhalten der fünf Sicherheitsregeln:

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

Die zuvor genannten Maßnahmen dürfen erst dann zurückgenommen werden, wenn die Arbeiten abgeschlossen sind und der Aktuator vollständig montiert ist. Unsachgemäßes Verhalten kann Personen- und Sachschäden verursachen. Die jeweils geltenden nationalen, örtlichen und anlagespezifischen Bestimmungen und Erfordernisse sind zu gewährleisten.





Wegen der eingebauten Dauermagnete liegt bei rotierendem Läufer an den Motoranschlüssen Spannung an.

HINWEIS

- Die Anschlussleitungen müssen den Umgebungsbedingungen, Stromstärken, den auftretenden Spannungen und mechanischen Anforderungen angepasst sein.
- Der Schutzleiter muss mit PE verbunden werden.
- Alle Anschlusskabel müssen geschirmt sein. Das Signalkabel muss zusätzlich paarig verseilt sein.
- Steckverbindungen nur in trockenem, spannungslosem Zustand trennen oder verbinden.
- EMV gerechte Kabelverlegung beachten. Signalleitungen und Leistungsleitungen sind getrennt zu führen.
- Potenzialausgleich beachten.
- Bei Montage der Aktuatoren auf beweglichen Teilen ist ein zusätzlicher Potenzialausgleichsleiter (≥ 10 mm²) möglichst nah am Aktuator anzuschließen.



HINWEIS

Geber und Sensoren enthalten elektrostatisch gefährdete Komponenten, ESD-Maßnahmen beachten!

1003361 05/2021 V00

39

8.5 Inbetriebnahme

HINWEIS

Maßgebend für die Inbetriebnahme ist die Herstellerdokumentation der Harmonic Drive SE.

Vor Inbetriebnahme ist zu prüfen, ob

- der Aktuator ordnungsgemäß montiert ist
- alle elektrischen Anschlüsse sowie mechanischen Verbindungen nach Vorschrift ausgeführt sind
- der Schutzleiter bzw. die Schutzerdung ordnungsgemäß hergestellt ist
- eventuell vorhandene Zusatzeinrichtungen (Bremse, ...) funktionsfähig sind
- Berührungsschutzmaßnahmen für bewegte und spannungsführende Teile getroffen sind
- die Grenzdrehzahl n_{max} nicht überschritten wird
- das Regelgerät mit den korrekten Motordaten parametriert ist
- die Kommutierung korrekt eingestellt ist

⚠ VORSICHT

Die Drehrichtung ist im ungekoppelten Zustand ohne Abtriebselemente zu kontrollieren. Eventuell vorhandene lose Teile sind zu entfernen oder zu sichern.

Beim Auftreten von erhöhten Temperaturen, Geräuschen oder Schwingungen ist im Zweifelsfall der Aktuator abzuschalten. Ursache ermitteln, eventuell Rücksprache mit dem Hersteller halten. Schutzeinrichtungen, auch im Probebetrieb, nicht außer Funktion setzen.

Diese Auflistung könnte unvollständig sein. Weitere Prüfungen könnten notwendig sein.

HINWEIS

Aufgrund der Eigenerwärmung des Aktuators ist nur ein kurzer Probelauf außerhalb des endgültigen Einbauortes und mit relativ geringer Drehzahl zulässig. Typische Richtwerte sind max. 5 Minuten Testdauer (S1-Betrieb) bei einer Motordrehzahl von ca. 1000 min⁻¹. Oben genannte Richtwerte müssen beachtet werden, um Beschädigungen durch Überhitzung zu vermeiden!

Für Aktuatoren mit Schmiermittel 4BNo2 wird ein Einlaufprozess unter nachfolgenden Bedingungen empfohlen:

Belastung: ohne Last

Getriebeeingangsdrehzahl: 1000 min⁻¹

Zeitdauer: 15 - 20 min

Während dem Einlaufprozess muss die Aktuatortemperatur überwacht werden, um Beschädigungen durch Überhitzung zu vermeiden.

8.6 Überlastschutz

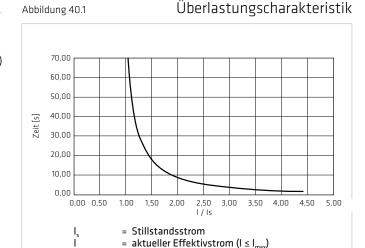
Zum Schutz der Servoaktuatoren und Motoren vor unzulässigen Temperaturen sind Temperatursensoren in die Motorwicklungen integriert.

Die Temperatursensoren alleine gewährleisten keinen Motorvollschutz. Ein Schutz vor Überlastung der Motorwicklung ist nur bei Drehzahl > 0 möglich. Bei speziellen Anwendungen (z. B. Belastung im Stillstand oder sehr niedrigen Drehzahlen) ist ein zusätzlicher Überlastungsschutz durch Begrenzen der Überlastdauer vorzusehen.

Die im Antriebssystem verbauten Temperatursensoren und deren Spezifikation finden Sie in den technischen Daten.

Darüber hinaus empfiehlt sich der Schutz der Motorwicklung vor Überlastung durch eine im Regelgerät integrierte I^2t Überwachung.

Nebenstehende Grafik zeigt beispielhaft die Abhängigkeit der Ansprechzeit der I²t Überwachung vom Überlastfaktor. Der Überlastfaktor beschreibt das Verhältnis zwischen aktuellem Effektivstrom und zulässigem Stillstandsstrom.



1003361 05/2021 V00

8.7 Stillsetzen und Wartung

Bei Störungen, Wartungsmaßnahmen oder zum Stillsetzen der Motoren führen Sie folgende Schritte aus:

- 1. Beachten Sie die Anweisungen der Maschinendokumentation.
- 2. Bringen Sie den Aktuator über die maschinenseitigen Steuerkommandos geregelt zum Stillstand.
- 3. Schalten Sie die Leistungs- und Steuerspannung des Regelgerätes ab.
- 4. Nur bei Motoren mit Lüftereinheit:
- 5. Schalten Sie den Motorschutzschalter für die Lüftereinheit ab.
- 6. Schalten Sie den Hauptschalter der Maschine ab.
- 7. Sichern Sie die Maschine gegen unvorhersehbare Bewegungen und gegen Bedienung durch Unbefugte.
- 8. Warten Sie die Entladezeit der elektrischen Systeme ab und trennen Sie dann alle elektrischen Verbindungen.
- 9. Sichern Sie Motor und ggf. Lüftereinheit vor der Demontage gegen Herabfallen oder Bewegungen, bevor Sie die mechanischen Verbindungen lösen.



Lebensgefahr durch elektrische Spannungen.

Arbeiten im Bereich von spannungsführenden Teilen ist lebensgefährlich.

- Arbeiten an der elektrischen Anlage dürfen nur durch Elektrofachkräfte durchgeführt werden. Elektrowerkzeug ist unbedingt notwendig.
- · Vor der Arbeit:
 - 1. Freischalten
 - 2. Gegen Wiedereinschalten sichern
 - 3. Spannungsfreiheit feststellen
 - 4. Erden und kurzschließen
 - 5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken
- Prüfen Sie vor Arbeitsbeginn mit geeignetem Messgerät, ob an der Anlage noch Teile unter Restspannung stehen (z. B. durch Kondensatoren usw.). Deren Entladezeiten abwarten.

Die zuvor genannten Maßnahmen dürfen erst dann zurückgenommen werden, wenn die Arbeiten abgeschlossen sind und der Aktuator vollständig montiert ist. Unsachgemäßes Verhalten kann Personen- und Sachschaden verursachen. Die jeweils geltenden nationalen, örtlichen und anlagespezifischen Bestimmungen und Erfordernisse sind zu gewährleisten.



Verbrennungen durch heiße Oberflächen mit Temperaturen über 100 °C!

Lassen Sie die Motoren vor Beginn der Arbeiten abkühlen. Abkühlzeiten bis 140 Minuten können erforderlich sein!

Tragen Sie Schutzhandschuhe.

Arbeiten Sie nicht an heißen Oberflächen.



Personen- und Sachschaden bei Wartungsarbeiten im laufenden Betrieb!

Führen Sie niemals Wartungsarbeiten an laufenden Maschinen durch. Sichern Sie die Anlage während der Wartungsarbeiten gegen Wiederanlauf und unbefugte Benutzung.

8.7.1 Reinigung

Übermäßiger Schmutz, Staub oder Späne können die Funktion der Aktuatoren negativ beeinflussen, in Extremfällen auch zum Ausfall der Aktuatoren führen. In regelmäßigen Abständen (spätestens nach Ablauf eines Jahres) sollten Sie deshalb die Oberfläche der Aktuatoren säubern, um eine ausreichend große Wärmeabstrahlungsfläche zu erreichen.

Ungenügende Wärmeabstrahlung kann unerwünschte Folgen haben.

- Die Lagerlebensdauer verringert sich durch Betrieb bei unzulässig hohen Temperaturen (Lagerfett zersetzt sich).
- Übertemperaturabschaltung trotz Betrieb nach Auswahldaten, weil die entsprechende Kühlung fehlt.

8.7.2 Kontrolle der elektrischen Anschlüsse



Tödlicher Stromschlag durch Berührung spannungsführender Teile!

Bei geringsten Defekten des Kabelmantels ist die Anlage sofort außer Betrieb zu nehmen und das Kabel zu erneuern. Keine provisorischen Reparaturen an den Anschlussleitungen vornehmen.

- Anschlusskabel in regelmäßigen Abständen auf Beschädigungen prüfen und bei Bedarf austauschen.
- Optional vorhandene Energieführungsketten (Schleppketten) auf Defekte überprüfen.
- Schutzleiteranschluss in regelmäßigen Abständen auf ordnungsgemäßen Zustand und festen Sitz überprüfen und ggf. erneuern.

8.7.3 Kontrolle der mechanischen Befestigungen

Kontrollieren Sie in regelmäßigen Abständen die Befestigungsschrauben des Gehäuses und der Last.

8.7.4 Wartungsintervalle für batteriegepufferte Motorfeedbacksysteme

HINWEIS

Beachten Sie die Hinweise zur Batterielebensdauer im Kapitel "Motorfeedbacksysteme"!

VOO

9. Außerbetriebnahme und Entsorgung

Die Produkte beinhalten Schmierstoffe für Lager und Harmonic Drive® Getriebe sowie elektronische Bauteile und Platinen. Je nach verwendetem Motorfeedbacksystem beinhaltet das Antriebssystem auch eine Lithium-Thionylchlorid-Batterie. Es ist erforderlich, das Produkt gemäß den nationalen und örtlichen Vorschriften ordnungsgemäß zu entsorgen.

Schmierstoffe und Batterien sind entsprechend den national gültigen Gesundheitsschutzvorschriften zu behandeln. Bei Bedarf fordern Sie bitte das gültige Sicherheitsdatenblatt des Schmiermittels bei uns an.

HINWEIS

- Lithiumbatterien enthalten keine gefährlichen Stoffe gemäß der europäischen RoHS Richtlinien 2011/65/EU.
- Die europäische Batterierichtlinie 2006/66 EU ist in den meisten EU-Mitgliedstaaten umgesetzt worden.
- Lithiumbatterien werden mit dem Symbol der durchgestrichenen Mülltonne gekennzeichnet (siehe Abbildung). Das Symbol erinnert Endnutzer daran, dass Batterien nicht mit dem Hausmüll entsorgt werden dürfen, sondern separat gesammelt werden müssen.
- Auf Anfrage bietet die Harmonic Drive SE einen Entsorgungsdienst an.



10. Glossar

10.1 Technische Daten

Abstand R [m] oder [mm]

Distanz zwischen Abtriebslagermitte und Angriffspunkt der Last.

AC-Spannungskonstante k_{FM} [V_{eff} / 1000 min⁻¹]

Effektivwert der induzierten Motorklemmenspannung bei einer Drehzahl von 1000 min⁻¹ und einer Aktuatortemperatur von 20 °C.

Baugröße

Die Baugröße ist abgeleitet vom Teilkreisdurchmesser der Verzahnung in Zoll multipliziert mit 10.

Bemessungsdrehmoment T_N [Nm]

Abtriebsdrehmoment, mit dem der Aktuator oder Motor bei Nennantriebsdrehzahl kontinuierlich belastet werden kann. Dabei muss der Aktuator oder Motor, abhängig von der Baugröße, auf eine definierte Kühlfläche montiert werden.

Bemessungsdrehzahl n_N [min⁻¹]

Abtriebsdrehzahl, welche bei Belastung des Aktuators mit Nenndrehmoment T_N kontinuierlich auftreten darf. Dabei muss der Aktuator, abhängig von der Baugröße, auf eine definierte Kühlfläche montiert werden.

Bemessungsleistung P_N [W]

Abgegebene Leistung bei Bemessungsdrehzahl und Bemessungsdrehmoment.

Bemessungsspannung $U_{N}[V_{eff}]$

Anschlussspannung bei Betrieb mit Bemessungsdrehmoment und Bemessungsdrehzahl. Angegeben ist der Effektivwert der Leiterspannung.

Bemessungsstrom $I_{N} [A_{off}]$

Effektivwert des sinusförmigen Stroms bei Belastung des Aktuators mit Bemessungsdrehmoment und Bemessungsdrehzahl.

Bremsenspannung U_{Br} [VDC]

Anschlussspannung der Haltebremse.

Drehfeldinduktivität L_d [mH]

Summe aus Luftspaltinduktivität und Streufeldinduktivität bezogen auf das einphasige Ersatzschaltbild der Synchronmaschine.

Drehmomentkonstante (Abtrieb) k_{Tout} [Nm/A_{eff}]

Quotient aus Stillstandsdrehmoment und Stillstandsstrom unter Berücksichtigung der Getriebeverluste.

Drehmomentkonstante (Motor) k_{TM} [Nm/A_{off}]

Quotient aus Stillstandsdrehmoment und Stillstandsstrom.

VOO

Durchschnittsdrehmoment T_A [Nm]

Wird das Getriebe mit wechselnden Lasten beaufschlagt, so sollte das durchschnittliche Drehmoment berechnet werden. Dieser Wert sollte den angegebenen Grenzwert T_{Δ} nicht überschreiten.

Dynamische Axiallast F_{A dyn (max)} [N]

Bei rotierendem Lager maximal zulässige Axiallast, wobei keine zusätzlichen Kippmomente oder Radialkräfte wirken dürfen.

Dynamisches Kippmoment M_{dvn (max)} [Nm]

Bei rotierendem Lager maximal zulässiges Kippmoment, wobei keine Axial- oder Radialkräfte wirken dürfen. Der Wert basiert nicht auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers, sondern auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauerberechnung des Lagers höhere Werte zulässt.

Dynamische Radiallast F_{R dyn (max)} [N]

Bei rotierendem Lager maximal zulässige Radiallast, wobei keine zusätzlichen Kippmomente oder Axialkräfte wirken dürfen.

Dynamische Tragzahl C [N]

Maß für die Last, die ein Abtriebslager aufnimmt, bevor es bei dynamischer Dauerbelastung unnötig schnell bleibenden Schaden erleidet.

Elektrische Zeitkonstante $\tau_{_{a}}$ [s]

Die Zeitkonstante gibt an, in welcher Zeit der Strom 63 % des maximal möglichen Wertes bei konstanter Klemmenspannung erreicht.

Entmagnetisierungsstrom I_E [A_{off}]

Beginn der Entmagnetisierung der Rotormagnete.

Gewicht m [kg]

Das angegebene Gewicht ist das Nettogewicht ohne Verpackung und gilt nur für Standardausführungen.

Haltemoment der Bremse T_{Br} [Nm]

Drehmoment, bezogen auf den Abtrieb, das der Aktuator bei geschlossener Bremse halten kann.

Haltestrom der Bremse $I_{Rr}[A_{DC}]$

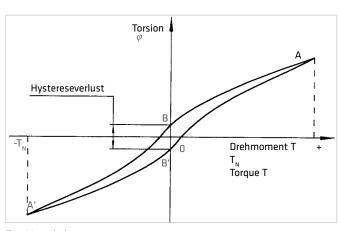
Strom zum Halten der Bremse.

Hohlwellendurchmesser d_H [mm]

Freier Innendurchmesser der axialen, durchgängigen Hohlwelle.

Hystereseverlust (Harmonic Drive® Getriebe)

Harmonic Drive® Getriebe zeigen bei Beaufschlagung mit einem Drehmoment die in der Hysteresekurve dargestellte Charakteristik. Zur Ermittlung der Hysteresekurve wird bei blockierter Eingangswelle ein Drehmoment an der Abtriebswelle eingeleitet. Ausgehend vom O-Punkt werden nacheinander die Punkte A-B-A'-B'-A angefahren (siehe Abbildung). Der Betrag B-B' wird als Hystereseverlust bezeichnet.



 $T_N = Nenndrehmoment$ $\omega = Abtriebsdrehwinkel$

Induktivität (L-L) L_{I-I} [mH]

Berechnete Anschlussinduktivität ohne Berücksichtigung der magnetischen Sättigung der Motoraktivteile.

Kippsteifigkeit K_D [Nm/arcmin]

Beschreibt das Verhältnis zwischen anliegendem Kippmoment und dem Kippwinkel am Abtriebslager.

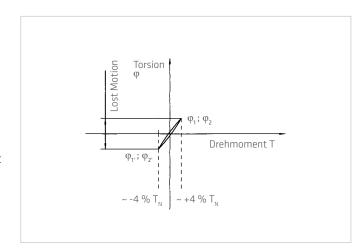
Kollisionsdrehmoment T_M [Nm]

Im Falle einer Not-Ausschaltung oder einer Kollision kann das Harmonic Drive® Getriebe mit einem kurzzeitigen Kollisionsdrehmoment beaufschlagt werden. Die Anzahl und die Höhe dieses Kollisionsdrehmomentes sollten möglichst gering sein. Unter keinen Umständen sollte das Kollisionsdrehmoment während des normalen Arbeitszyklus erreicht werden. Die erlaubte Anzahl von Kollisionsdrehmoment-Ereignissen kann mit der im Auslegungsschema angegebenen Gleichung berechnet werden, siehe Kapitel "Aktuatorauslegung".

Lost Motion (Harmonic Drive® Getriebe) [arcmin]

Harmonic Drive® Getriebe weisen kein Spiel in der Verzahnung auf. Der Begriff Lost Motion wird verwendet, um die Torsionssteifigkeit im Bereich kleiner Drehmomente zu charakterisieren.

Das Bild zeigt den Verdrehwinkel ϕ in Abhängigkeit des anliegenden Abtriebsdrehmomentes als Hysteresekurve bei fixiertem Wave Generator. Die Lost Motion Messung wird mit einem Abtriebsdrehmoment von ca. ± 4 % des Nenndrehmomentes des Getriebes durchgeführt.



Massenträgheitsmoment J [kgm²]

Massenträgheitsmoment des Rotors.

Massenträgheitsmoment J_{in} [kgm²]

Das angegebene Massenträgheitsmoment des Getriebes bezieht sich auf den Getriebeeingang.

Massenträgheitsmoment J_{out} [kgm²]

Massenträgheitsmoment bezogen auf den Abtrieb.

Maximale Antriebsdrehzahl (Fettschmierung) n_{in (max)} [min⁻¹]

Maximal kurzzeitig zulässige Getriebeeingangsdrehzahl bei Fettschmierung. Die maximale Antriebsdrehzahl kann kurzzeitig beliebig oft angefahren werden, solange die durchschnittliche Antriebsdrehzahl der Anwendung kleiner ist als die zulässige mittlere Antriebsdrehzahl des Getriebes

Maximale Antriebsdrehzahl (Ölschmierung) n_{in (max)} [min⁻¹]

Maximal kurzzeitig zulässige Getriebeeingangsdrehzahl bei Ölschmierung. Die maximale Antriebsdrehzahl kann kurzzeitig beliebig oft angefahren werden, solange die durchschnittliche Antriebsdrehzahl der Anwendung kleiner ist als die zulässige mittlere Antriebsdrehzahl des Getriebes.

Maximale Drehzahl n_{max} [min⁻¹]

Die maximal zulässige Abtriebsdrehzahl. Diese darf aus Erwärmungsgründen nur kurzzeitig während des Arbeitszyklus wirken. Die maximale Abtriebsdrehzahl kann beliebig oft auftreten, solange die kalkulierte Durchschnittsdrehzahl über den Zyklus im zulässigen Dauerbetrieb der Kennlinie liegt.

Maximales Drehmoment T_{max} [Nm]

Gibt die maximal zulässigen Beschleunigungs- und Bremsdrehmomente an. Für hochdynamische Vorgänge steht das maximale Drehmoment kurzfristig zur Verfügung. Das maximale Drehmoment kann durch den im Regelgerät parametrierten maximalen Strom begrenzt werden. Das maximale Drehmoment kann beliebig oft aufgebracht werden, solange das durchschnittliche Drehmoment innerhalb des zulässigen Dauerbetriebes liegt.

Maximaler Hohlwellendurchmesser d_{H (max)} [mm]

Bei Getrieben mit Hohlwelle gibt dieser Wert den maximalen Durchmesser der axialen Hohlwelle an.

Maximale Leistung P_{max} [W]

Maximal abgegebene Leistung

Maximale stationäre Zwischenkreisspannung U_{DC (max)} [VDC]

Gibt die für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Aktuators maximal zulässige stationäre Zwischenkreisspannung an. Während des Bremsbetriebes kann diese kurzfristig überschritten werden.

Maximalstrom I_{max} [A]

Der Maximalstrom ist der kurzzeitig zulässige Strom.

Mechanische Zeitkonstante τ_m [s]

Die Zeitkonstante gibt an, in welcher Zeit die Drehzahl 63 % des maximal möglichen Wertes bei konstanter Klemmenspannung ohne Last erreicht.

Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung) n_{av (max)} [min⁻¹]

Maximal zulässige durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl bei Fettschmierung. Die durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl der Anwendung muss kleiner sein als die mittlere Antriebsdrehzahl des Getriebes.

Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung) n_{av (max)} [min-1]

Maximal zulässige durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl bei Ölschmierung. Die durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl der Anwendung muss kleiner sein als die mittlere Antriebsdrehzahl des Getriebes.

Motor Bemessungsdrehzahl n_N [min-1]

Drehzahl, welche bei Belastung des Motors mit Nenndrehmoment T_N kontinuierlich auftreten darf. Dabei muss der Motor, abhängig von der Baugröße, auf eine definierte Kühlfläche montiert werden.

Motorklemmenspannung (nur Grundwelle) U_{M} $[V_{eff}]$

Erforderliche Grundwellenspannung zum Erreichen der angegebenen Performance. Zusätzliche Spannungsverluste können zur Einschränkung der maximal erreichbaren Drehzahl führen.

Motor maximale Drehzahl n_{max} [min⁻¹]

Die maximal zulässige Motordrehzahl.

Nenndrehmoment T_N [Nm]

Das Nenndrehmoment ist ein Referenzdrehmoment für die Berechnung der Getriebelebensdauer.

Bei Belastung mit dem Nenndrehmoment und der Nenndrehzahl erreicht das Kugellager des Wave Generators die nominelle Lebensdauer L_n mit 50 % Ausfallwahrscheinlichkeit. Das Nenndrehmoment T_N wird nicht für die Dimensionierung angewendet.

Nenndrehzahl n_N [min⁻¹], Mechanik

Die Nenndrehzahl ist eine Referenzdrehzahl für die Berechnung der Getriebelebensdauer. Bei Belastung mit dem Nenndrehmoment und der Nenndrehzahl erreicht das Kugellager des Wave Generators die nominelle Lebensdauer L_n mit 50 % Ausfallwahrscheinlichkeit. Die Nenndrehzahl n_N wird nicht für die Dimensionierung angewendet.

Produktreihe	n _N
CobaltLine, HFUC, HFUS, CSF, CSG, CSD, SHG, SHD, CPL	2000 min ⁻¹
PMG Baugröße 5	4500 min ⁻¹
PMG Baugröße 8 bis 14	3500 min ⁻¹
HPG, HPGP, HPN	3000 min ⁻¹

Nominelle Lebensdauer L_n [h]

Bei Belastung mit dem Nenndrehmoment und der Nenndrehzahl erreicht das Kugellager des Wave Generators rechnerisch mit 50 % Ausfallwahrscheinlichkeit die nominelle Lebensdauer L_n. Bei abweichender Belastung kann die Lebensdauer des Kugellagers des Wave Generators mit den Gleichungen im Kapitel "Aktuatorauslegung" berechnet werden.

Öffnungsstrom der Bremse I_{OBr} $[A_{DC}]$

Strom zum Öffnen der Bremse.

Öffnungszeit der Bremse t₁ [ms]

Verzögerungszeit zum Öffnen der Bremse.

Polpaarzahl p []

Anzahl der Paare von magnetischen Polen innerhalb von rotierenden elektrischen Maschinen.

Schließzeit der Bremse t_r [ms]

Verzögerungszeit zum Schließen der Bremse.

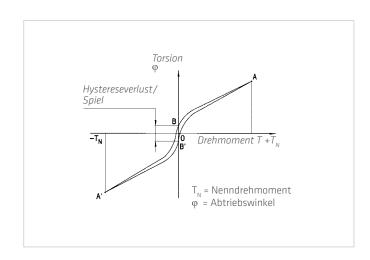
Schutzart IP

Die Schutzart nach EN 60034-5 gibt die Eignung für verschiedene Umgebungsbedingungen an.

Spiel (Harmonic Planetengetriebe) [arcmin]

Harmonic Planetengetriebe zeigen bei Beaufschlagung mit einem Nenndrehmoment die in der Hysteresekurve dargestellte Charakteristik. Zur Ermittlung der Hysteresekurve wird bei blockierter Eingangswelle ein Drehmoment an der Abtriebswelle eingeleitet.

Ausgehend von Punkt O werden nacheinander die Punkte A-B-A'-B'-A angefahren (siehe Abbildung). Der Betrag B-B' wird als Spiel (oder Hystereseverlust) bezeichnet.



Statische Tragzahl C₀ [N]

Maß für die Last, die ein Abtriebslager aufnimmt, bevor es bei statischer Belastung bleibenden Schaden erleidet.

Statisches Kippmoment M_n [Nm]

Bei stillstehendem Lager maximal zulässiges Kippmoment, wobei keine Axial- oder Radialkräfte wirken dürfen.

Stillstandsdrehmoment T_o [Nm]

Zulässiges Drehmoment bei stillstehendem Aktuator.

Stillstandsstrom I₀ [A_{off}]

Effektivwert des Motorstrangstroms zur Erzeugung des Stillstandsdrehmomentes.

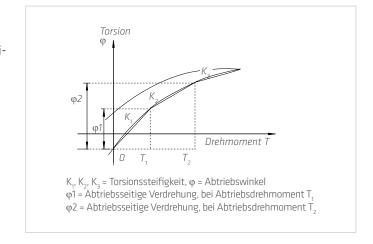
Teilkreisdurchmesser d_n [m]

Teilkreisdurchmesser der Wälzkörperlaufbahn des Abtriebslagers.

Torsionssteifigkeit (Harmonic Drive® Getriebe) K₁, K₂, K₃ [Nm/rad]

Das Maß der elastischen Verdrehung am Abtrieb bei einem bestimmten Drehmoment und blockiertem Wave Generator. Für die Ermittlung der Torsionssteifigkeit wird die Drehmoment-Torsions-Kurve in drei Bereiche aufgeteilt und die Torsionssteifigkeiten K₁, K₂ und K₃ durch Linearisierung ermittelt.

 $\begin{array}{lll} \text{K}_1: & \text{Bereich kleiner Drehmomente} & \text{O} \sim \text{T}_1 \\ \text{K}_2: & \text{Bereich mittlerer Drehmomente} & \text{T}_1 \sim \text{T}_2 \\ \text{K}_3: & \text{Bereich h\"{o}herer Drehmomente} & > \text{T}_3 \end{array}$

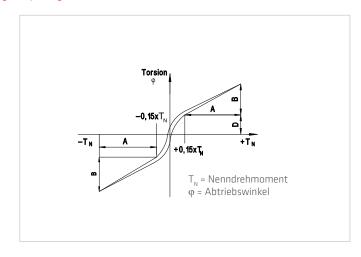


Die angegebenen Werte für die Torsionssteifigkeiten K_1 , K_2 und K_3 sind Durchschnittswerte, die während zahlreicher Tests ermittelt wurden. Die Grenzdrehmomente T_1 und T_2 sowie Hinweise zur Berechnung des Gesamtverdrehwinkels sind in den Kapiteln "Torsionssteifigkeit" sowie "Ermittlung des Torsionswinkels" dieser Dokumentation zu finden.

Torsionssteifigkeit (Harmonic Planetengetriebe) K₃ [Nm/rad]

Das Maß der elastischen Verdrehung am Abtrieb bei einem bestimmten Drehmoment und blockierter Eingangswelle. Die Torsionssteifigkeit der Harmonic Planetengetriebe beschreibt die Verdrehung des Abtriebes oberhalb eines Referenzdrehmoments von 15 % des Nenndrehmomentes.

In diesem Bereich ist die Torsionssteifigkeit nahezu linear.



Umgebungstemperatur (Betrieb) [°C]

Gibt den für den bestimmungsgemäßen Betrieb zulässigen Temperaturbereich an.

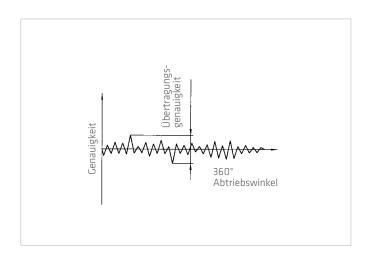
Untersetzung i []

Die Untersetzung ist das Verhältnis von Antriebsdrehzahl zu Abtriebsdrehzahl.

Hinweis für Harmonic Drive® Getriebe: Bei der Standardausführung ist der Wave Generator das Antriebselement, der Flexspline das Abtriebselement und der Circular Spline am Gehäuse fixiert. Da sich die Drehrichtung von Antrieb (Wave Generator) zu Abtrieb (Flexspline) umkehrt, ergibt sich eine negative Untersetzung.

Übertragungsgenauigkeit [arcmin]

Die Übertragungsgenauigkeit eines Getriebes beschreibt den absoluten Positionsfehler am Abtrieb. Die Messung erfolgt während einer vollständigen Umdrehung des Abtriebselementes mit Hilfe eines hochauflösenden Messsystems. Eine Drehrichtungsumkehr erfolgt nicht. Die Übertragungsgenauigkeit ist definiert als die Summe der Beträge der maximalen positiven und negativen Differenz zwischen theoretischem und tatsächlichem Abtriebswinkel.

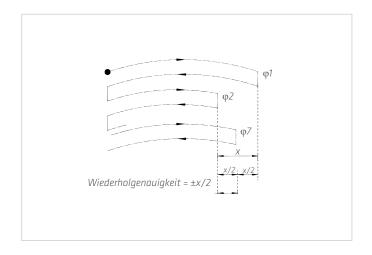


Wiederholbares Spitzendrehmoment T_R [Nm]

Gibt die maximal zulässigen Beschleunigungs- und Bremsdrehmomente an. Während des normalen Arbeitszyklus sollte das wiederholbare Spitzendrehmoment T_R nicht überschritten werden. Das wiederholbare Spitzendrehmoment kann kurzzeitig beliebig oft aufgebracht werden, solange das durchschnittliche Abtriebsdrehmoment der Anwendung unterhalb des zulässigen Durchschnittsdrehmomentes des Getriebes liegt.

Wiederholgenauigkeit [arcmin]

Die Wiederholgenauigkeit eines Getriebes beschreibt die Positionsabweichung, die beim wiederholten Anfahren eines Sollwertes aus jeweils der gleichen Drehrichtung auftritt. Die Wiederholgenauigkeit ist definiert als die Hälfte der maximalen Abweichung, versehen mit einem ± Zeichen.



Widerstand (L-L, 20 °C) R_{I-I} [Ω]

Wicklungswiderstand gemessen zwischen zwei Leitern bei einer Wicklungstemperatur von 20 °C. Die Wicklung ist in Sternschaltung ausgeführt.

10.2 Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen

CE-Kennzeichnung

Mit der CE-Kennzeichnung erklärt der Hersteller oder EU-Importeur gemäß EU-Verordnung, dass das Produkt den geltenden Anforderungen, die in den Harmonisierungsrechtsvorschriften der Gemeinschaft über ihre Anbringung festgelegt sind, genügt.



REACH-Verordnung

Die REACH-Verordnung ist eine EU-Chemikalienverordnung. REACH steht für Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, also für die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien.



RoHS EG-Richtlinie

Die RoHS EG-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektround Elektronikgeräten regelt die Verwendung von Gefahrstoffen in Geräten und Bauteilen.



1003361 05/2021 V00



HÖCHSTE QUALITÄT ENTSTEHT MIT LEIDENSCHAFT

Harmonic Drive SE

Hoenbergstraße 14 65555 Limburg/Lahn Germany

T +49 6431 5008-0 info@harmonicdrive.de www.harmonicdrive.de

Technische Änderungen vorbehalten.