

Описание муфты

ROTEX®-муфты отличаются малыми габаритными размерами, малым весом и низким маховым моментом при высокой передаче крутящего момента. Прецизионная всесторонняя обработка положительно влияет на антифрикционные свойства муфты и значительно увеличивает срок службы.

Они гарантируют передачу мощности с погашением крутильных колебаний и со смягчением ударов, которые появляются в результате неравномерной работы двигателя.

Общее описание

ROTEX®-муфты – это упругие муфты, передача крутящего момента осуществляется с геометрическим замыканием. Они устойчивы на пролом. Колебания и удары, которые возникают во время эксплуатации эффективно гасятся. Две конгруэнтные полумуфты, оснащённые с внутренней стороны вогнутыми кулачками, смещены относительно друг друга на половину углового деления и сконструированы таким образом, что в пространство между кулачками можно установить эвольвентный зубчатый венец. Каждый зуб этого промежуточного элемента имеет выпуклую форму для избежания кромочного давления при несоосности валов.

ROTEX®-муфты компенсируют осевое, радиальное и угловое смещение соединяемых валов.

Функция

В отличие от упругих муфт, промежуточные части которых подвержены напряжению изгиба и соответственно быстрее изнашиваются, ROTEX®-муфты подвержены нагружению сжатием (см рис. - нагрузка зубчатого венца). В следствии этого допускаемая нагрузка на каждый зуб значительно повышается.

При нагрузке и высоком числе оборотов упругие детали деформируются. Поэтому необходимо предусмотреть пространство для расширения (см. рис. деформация под нагрузкой).

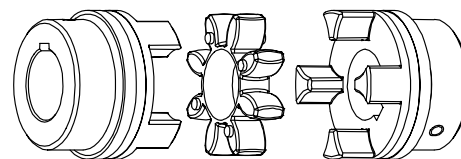
Угол закручивания у всех размеров ROTEX®-муфт max. 5°. Муфты можно устанавливать в горизонтальном и в вертикальном положении.

Зубчатые венцы

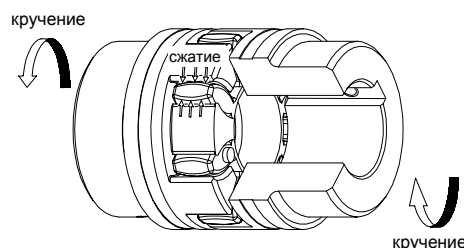
При рабочей температуре от -40° С до +100° С гарантирована безупречная эксплуатация, также допустима кратковременная эксплуатация при температуре до +120° С. При постоянном усовершенствовании материалов, применяемый зубчатый венец в стандартном исполнении 92Sh A твёрдости по Шору имеет преимущества по сравнению с обычным полиуретаном. При более высоких крутящих моментах можно использовать зубчатый венец 95/98 Sh A твёрдости по Шору, а также 64 Sh D-F.

Эти зубчатые венцы стойкие против износа, масла, озона, старения и гидролиза.

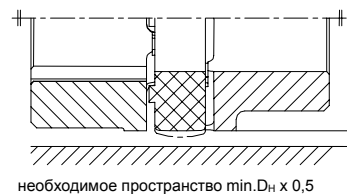
Высокая внутреннее демпфирование предохраняет привод от динамической перегрузки.



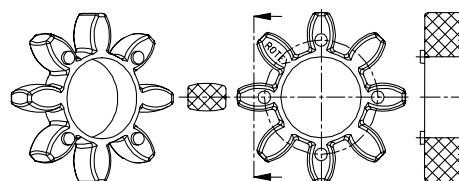
Нагрузка зубчатого венца



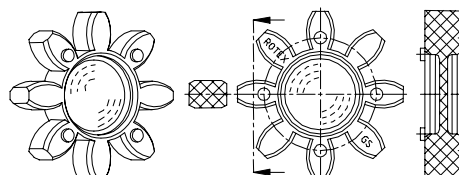
деформация под нагрузкой



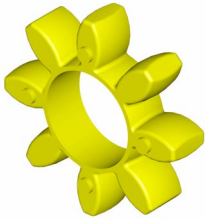
Зубчатый венец стандартного исполнения Выпуклый профиль зуба



Зубчатый венец исполнению GS прямой профиль зуба с перемычкой



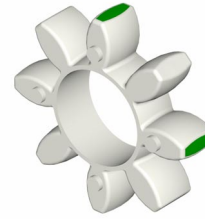
- Стандартный зубчатый венец 92 Sh A твёрдости по Шору
- Пригодный для всех материалов ступиц
- Для всех областей в машиностроении / гидравлики
- Хорошие динамические свойства
- Диапазон температур -40° C до +90° C



- Зубчатый венец 95/98 Sh A твёрдости по Шору
- Идеальное сочетание со ступицами из материалов GG 25; сталь; GGG 40
- Высокая передача крутящего момента при хорошем демпфировании
- Диапазон температур -30° C до +90° C



- Зубчатый венец 64 Sh D-F твёрдости по Шору
- Идеальное сочетание со ступицами из материалов сталь; GGG 40
- Передача крутящего момента вдвое больше чем у зубчатого венца 92 Sh A твёрдости по Шору
- Низкий угол скручивания
- Зубчатый венец для критических приводных механизмов (передач)
- Стойкий против гидролиза

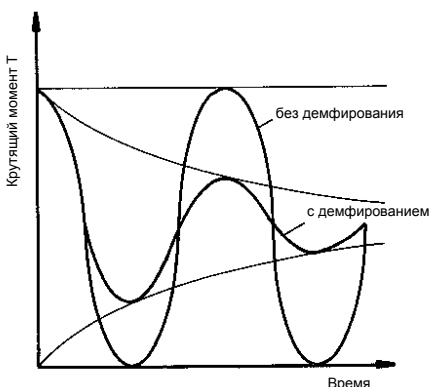


Исполнения зубчатого венца - материалы, физические свойства

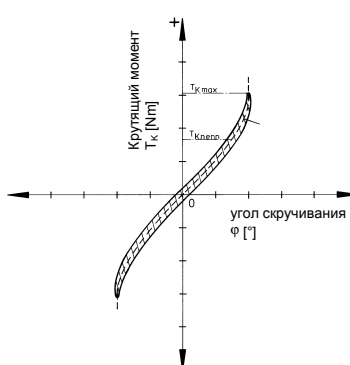
Стандартный зубчатый венец						
Обозначение зубч- венца твёрдость по Шору	маркировка цвет	материал	Допуст. диапазон температур (° C)		для размеров муфт	Области применения
			Длительная температура	тах. кратковрем. температура		
92 Sh A	жёлтый	полиуретан	-40 до +90	-50 до +120	14 - 180	<ul style="list-style-type: none"> • Все виды привода в области машиностроения и гидравлики • Стандартное применение со средней упругостью
95/98 Sh A	красный	полиуретан	-30 до +90	-40 до +120	14 - 180	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая передача крутящего момента при хорошем демпфировании
64 Sh D-F	Натур. белый с зелёной маркировкой зубьев	полиуретан	-30 до +110	-30 до +130	14 - 180	<ul style="list-style-type: none"> • Двигатели внутреннего сгорания • Высокая влажность воздуха, стойкость против гидролиза • Отклонения при критич. числе оборотов

Зубчатые венцы для специальных областей применения по запросу					
Области применения	Обозначение зубч. венца твёрдость по Шору	маркировка цвет	материал	Доп. диапазон температур (° C)	
				длительная	тах. кратковрем.
Двигатели внутреннего сгорания, высокая динамическая нагрузка, высокая влажность воздуха, стойкий против гидролиза	94 Sh A-T	Синий с жёлтой маркировкой зубьев	полиуретан	-50 до +110	-60 до +130
Приводы с высокой нагрузкой, низкий угол скручивания – упругий на кручение, высокая температура окружающей среды	64 Sh D-H	зелёный	полиэфир	-50 до +110	-60 до +150
Низкий угол скручивания и высокая упругость на кручение, стойкий против действия химикалий	PA	белый	полиамид	-20 до +110	-30 до +120

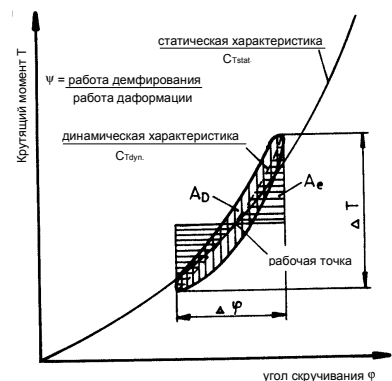
Сравнение нагрузки



Угол скручивания



Работа демпфирования



Определение параметров муфты

Расчёт ROTEX®-муфт осуществляется по образцу DIN 740 часть 2. Параметры и размеры муфты должны быть так рассчитаны, чтобы при любом режиме работы допустимая нагрузка муфты не была превышена. Для этого необходимо сравнить допустимые параметры нагрузки муфты с возникшей нагрузкой при режиме работы.

1 Приводы без периодического крутильного колебания, например центробежный насос, вентилятор, винтовой компрессор и т. д. Расчёт муфты осуществляется путём проверки ном. крутящего момента T_{KN} и максимального крутящего момента T_{Kmax} .

1.1 Нагрузка номинальным крутящим моментом
Допус. ном. крутящий момент муфты T_{KN} должен быть больше или равен ном. крутящему моменту установки T_N с учётом температуры окружающей среды

$$T_{KN} \geq T_N \cdot S_t$$

$$T_N [Nm] = 9550 \cdot \frac{P_{AN/LN} [kW]}{n [1/min]}$$

1.2 Нагрузка ном. крутящим моментом с ударами
Допустимый максимальный крутящий момент муфты должен быть больше или равен сумме пикового крутящего момента T_S и номинального крутящего момента установки T_N с учётом частоты ударов и температуры окружающей среды.

$$T_{Kmax} \geq T_S \cdot S_z \cdot S_t + T_N \cdot S_t$$

Удар со стороны привода

$$T_S = T_{AS} \cdot M_A \cdot S_A$$

Удар на ведомой стороне

$$T_S = T_{LS} \cdot M_L \cdot S_L$$

$$M_A = \frac{J_L}{J_A + J_L} \quad M_L = \frac{J_A}{J_A + J_L}$$

Это действительно в том случае если нагрузка номин. крутящим моментом установки T_N значительно увеличивается из-за ударной нагрузки.

При известном распределении масс, направлении и вида ударов пиковый момент T_S можно рассчитать. Для приводов с трёхфазным двигателем и большой массой на ведомой стороне мы рекомендуем рассчитать максимальный пусковой момент с помощью имитационной программы.

2 Приводы с периодическими крутильными колебаниями. Для приводов с крутильными колебаниями, например: дизельные двигатели, поршневые компрессоры, поршневые насосы, генераторы и т. д. необходимо провести расчёт крутильных колебаний для обеспечения надёжной эксплуатации. По желанию заказчика мы можем провести расчёт крутильных колебаний и определить параметры муфты. Необходимые технические данные см. KTR-Norm 20004.

2.1 Нагрузка номинальным крутящим моментом
Допус. крутящий момент муфты T_{KN} должен быть больше или равен ном. крутящему моменту установки T_N с учётом температуры окружающей среды

$$T_{KN} \geq T_N \cdot S_t$$

2.2 Пареход режима резонанса
Пиковый крутящий момент при резонансе T_S с учётом температуры окружающей среды не должен превышать максимальный крутящий момент муфты T_{Kmax} .

$$T_{Kmax} \geq T_S \cdot S_t$$

2.3 Нагрузка переменным ударным моментом
Превышение допус. крутящего момента переменного направления муфты T_{KW} с учётом числа оборотов наибольшего периодического крутящего момента T_w и с учётом температуры окружающей среды не допускается.

$$T_{KW} \geq T_w \cdot S_t$$

$$P_{KW} \geq P_w$$

При высокой рабочей частоте $f > 10$ Hz теплота возникающая в эластомере при демпфировании колебаний учитывается как мощность демпфирования P_w .
Допустимая мощность демпфирования муфты P_{KW} зависит от температуры окружающей среды и должна быть выше чем возникающая мощность демпфирования.

наименование	обозначение	Определение / объяснение
Номинальный крутящий момент муфты	T_{KN}	Крутящий момент, который передаётся длительное время в общем допустимом диапазоне числа оборотов
Максимальный крутящий момент муфты	T_{Kmax}	Крутящий момент, который может передаваться во время всего срока службы муфты как пульсирующая нагрузка $\geq 10^5$ раз или $5 \cdot 10^4$ раз как периодическая нагрузка.
Переменный крутящий момент муфты	T_{KW}	Амплитуда допустимого периодического колебания крутящего момента при частоте 10 Hz и основной нагрузке T_{KN} или пульсирующей нагрузке T_{KN} .
Мощность демпфирования муфты	P_{KW}	Допустимая мощность демпфирования при температуре окружающей среды + 30° C.
Ном. крутящий момент установки	T_N	Ном. крутящий момент установки действующий на муфту
Пиковый момент установки	T_S	Пиковый крутящий момент установки действующий на муфту
Пиковый момент стороны привода	T_{AS}	Пиковый крутящий момент с ударом на ведущей стороне, например: опрокидывающий момент электродвигателя.
Пиковый момент на ведомой стороне	T_{LS}	Пиковый крутящий момент с ударом на ведомой стороне, например: торможение.
Переменный крутящий момент установки	T_w	Амплитуда переменного крутящего момента действующего на муфту
Мощность демпфирования установки	P_w	Мощность демпфирования, действующая на муфту при нагрузке переменным крутящим моментом.
Момент инерции стороны привода	J_A	Сумма моментов инерции на ведущей соотв. ведомой стороне с учётом числа оборотов муфты.
Момент инерции ведомой стороны	J_L	
Фактор масс ведущей стороны	M_A	Фактор, учитывающий распределение масс на ведущей соотв. ведомой стороне при ударном возбуждении и возбуждении колебаний.
Фактор масс ведомой стороны	M_L	
		$M_A = \frac{J_L}{J_A + J_L} \quad M_L = \frac{J_A}{J_A + J_L}$

Температурный фактор S_t

	-30° C +30° C	+40° C	+60° C	+80° C
S_t	1,0	1,2	1,4	1,8

Фактор запуска S_z

Частота запуска / h	100	200	400	800
S_z	1,0	1,2	1,4	1,6

Ударный фактор S_A/S_L

	S_A/S_L
Лёгкие удары	1,5
Средние удары	1,8
Сильные удары	2,5

Допустимая нагрузка шпоночной канавки ступицы:

При определении параметров муфты необходимо учитывать допустимую нагрузку шпоночной канавки в зависимости от выбранного материала. Если материал не указан, муфта поставляется из серого чугуна GG 25. При конструировании муфт приняты следующие значения допустимого напряжения смятия в шпоночной канавке в зависимости от выбранного материала:

Материал серый чугун GG 25	120 N/mm ²
Материал чугун с шаровидным графитом GGG 40	180 N/mm ²
Материал сталь St 52.3	210 N/mm ²

Значение для стали принято на 30% ниже предела текучести при растяжении.

Пример расчета для моторов нормы Международной комиссии по электротехнике: (IEC-Normmotoren) стр. 8:

Техн. данные стороны привода

Трёхфазный двигатель	типоразмер 315M
Мощность двигателя	P = 132 kW
Число оборотов	n = 1485 1/min
Момент инерции стороны привода	J _A = 2,9 kgm ²
Ном. крутящий момент на входе	$T_{AN} = 9550 \cdot \frac{132 \text{ kW}}{14851 / \text{min}} = 849 \text{ Nm}$
Пусковой момент	$T_{AS} = 2,5 \cdot T_{AN}$ $T_{AS} = 2,5 \cdot 849 = 2122,5 \text{ Nm}$
Число запусков	z=6 1/h
Температура окружающей среды	= +60° C

Техн. данные ведомой стороны:

винтовой компрессор	T _{LN} = 800 Nm
ном. момент нагрузки	J _L = 6,8 kgm ²
момент инерции нагруженной стороны	

Определение параметров муфты:

Нагрузка номинальным крутящим моментом

$$T_{KN} \geq T_N \cdot S_t \quad T_L = T_{LN}$$

$$T_{KN} \geq T_{LN} \cdot S_i = 800 \text{ Нм} \cdot 1,4 = 1120 \text{ Нм}$$

выбрана: ROTEX® 90 – зуб. венец 92 Sh A с
T_{KN} = 2400 Нм T_{К max.} = 4800 Нм

Нагрузка крутящим моментом с ударами:

T_{К max.} ≥ T_S · S_Z · S_t факторы:

$$T_S = T_{AS} \cdot M_A \cdot S_A$$

$$T_S = 2122,5 \cdot 0,7 \cdot 1,8 = 2674,4 \text{ Nm} \quad M_A = \frac{J_L}{J_A + J_L} = 0,7$$

$$T_{К max.} \geq 2674,4 \cdot 1 \cdot 1,4$$

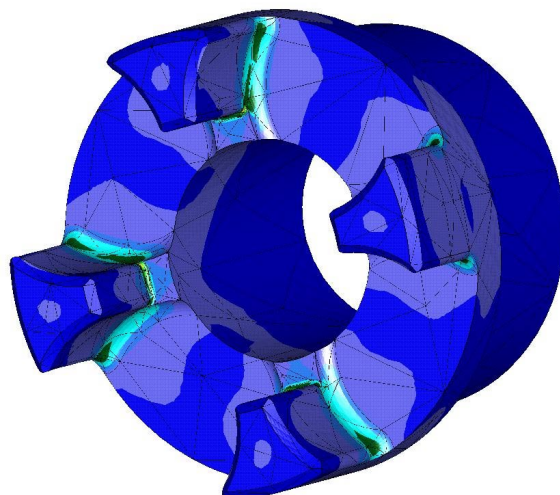
$$T_{К max.} \geq 3744 \text{ Nm} \quad S_A = 1,8; S_Z = 1; S_t = 1,4$$

Разработка KTR продуктов с помощью

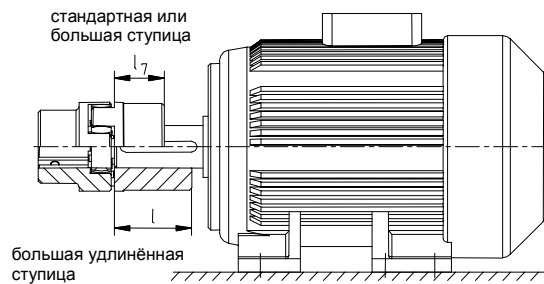
3D-CAD-систем



FEM-расчёт



IEC-двигатели - сопоставление



ROTEX® - муфты для двигателей нормы Международной комиссии по электротехнике (IEC-Normmotoren) класс защиты IP 54 / IP 55 (зубчатый венец 92 Sh A)

Трёхфазный двигатель 50 Hz			Мощность двигателя n=3000 1/min 2 полюсный		муфта ROTEX® размер	Мощность двигателя n=1500 1/min 4 полюсный		муфта ROTEX® размер	Мощность двигателя n=1000 1/min 6 полюсный		муфта ROTEX® размер	Мощность двигателя n=750 1/min 8 полюсный		муфта ROTEX® размер
Типо размер	Конец вала dxl (mm)		Мощность P (kW)	Крут. момент T (Nm)		Мощность P (kW)	Крут. момент T (Nm)		Мощность P (kW)	Крут. момент T (Nm)		Мощность P (kW)	Крут. момент T (Nm)	
	2 полюс.	4,6,8 полюс.												
56	9x20		0,09	0,32	9 ¹⁾	0,06	0,43	9 ¹⁾	0,037	0,43	9 ¹⁾			
			0,12	0,41		0,09	0,64		0,045	0,52				
63	11x23		0,18	0,62	14	0,12	0,88	14	0,06	0,7	14			
			0,25	0,86		0,18	1,3		0,09	1,1				
71	14x30		0,37	1,3	14	0,25	1,8	14	0,18	2	14	0,09	1,4	14
			0,55	1,9		0,37	2,5		0,25	2,8		0,12	1,8	
80	19x40		0,75	2,5	19	0,55	3,7	19	0,37	3,9	19	0,18	2,5	19
			1,1	3,7		0,75	5,1		0,55	5,8		0,25	3,5	
90S	24x50		1,5	5	19	1,1	7,5	19	0,75	8	19	0,37	5,3	19
90L	24x50		2,2	7,4		1,5	10		1,1	12		0,55	7,9	
100L	28x60		3	9,8	24	2,2	15	24	1,5	15	24	0,75	11	24
112M			28x60			4	13		3	20		2,2	22	
132S	38x80		5,5	18	28	5,5	36	28	3	30	28	2,2	30	28
			7,5	25		7,5	49		4	40		3	40	
132M	38x80				28	7,5	49	28	5,5	55	28	3	40	28
160M	42x110		11	36	38	11	72	38	7,5	75	38	4	54	38
			15	49		15	98		11	109		5,5	74	
160L	42x110		18,5	60	38	18,5	98	38	11	109	38	7,5	100	38
180M	48x110		22	71	42	18,5	121	42			42	11	145	42
						22	144		15	148		11	145	
200L	55x110		30	97	42	30	196	42	18,5	181	42	15	198	42
	55x110		37	120		37	240		22	215		15	198	
225S	55x110	60x140			48	37	240	48			48	18,5	244	48
225M			55x110			45	145		45	292		30	293	
250M	60x140	65x140	55	177	48	55	356	55	37	361	55	30	392	65
280S	65x140	75x140	75	241	55	75	484	65 ²⁾	45	438	65 ²⁾	37	483	65 ²⁾
280M			65x140			90	289		90	581		55	535	
315S	65x140	80x170	110	353	65	110	707	75 ²⁾	75	727	75 ²⁾	55	712	75 ²⁾
315M			65x140			132	423		132	849		90	873	
315L	65x140		160	513	65	160	1030	90	110	1070	90	90	1170	90
			200	641		200	1290		132	1280		110	1420	
315	65x140		250	802	75	250	1600	90	160	1550	90	132	1710	90
			315	1010		315	2020		200	1930		160	2070	
355	75x140		355	1140	90	355	2280	100	250	2410	100	200	2580	100
			400	1280		400	2570		315	3040		250	3220	
400	80x170		500	1600	90	500	3210	110	400	3850	125	315	4060	125
			560	1790		560	3580		450	4330		355	4570	
450	90x170		630	2020	100	630	4030	125	500	4810	140	400	5150	140
			710	2270		710	4540		560	5390		450	5790	
450	90x170		800	2560	100	800	5120	140	630	6060	160	500	6420	160
			900	2880		900	5760		710	6830		560	7190	
	90x170		1000	3200	110	1000	6400	160	800	7690	160	630	8090	160

Определение параметров муфты произведено для нормального режима работы. Крутящий момент T = номинальный крутящий момент согласно каталогу фирмы Siemens M 11 • 1994/95.

- 1) Размеры см. конструктивную серию ROTEX® GS
- 2) Ступица для двигателя из стали см стр. 11.