

Formler & Enheter

Transmissionstekniska beräkningar - Huvudformler

Storhetsbeteckningar och enheter enligt avsnittet SI - enheter

Linjär rörelse:

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{m/s}$$

$$s = v \cdot t \quad \text{m}$$

$$a = \frac{v}{t_a} \quad \text{m/s}^2$$

$$P = F \cdot v \quad \text{W}$$

$$F = m \cdot a \quad \text{N}$$

$$W = F \cdot s \quad \text{Ws}$$

$$W = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad \text{Ws}$$

Rotation:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \quad \text{rad/s}$$

$$v = \omega \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot r \quad \text{m/s}$$

$$M = F \cdot r \quad \text{Nm}$$

$$P = M \cdot \omega \quad \text{W}$$

$$M_a = J \cdot a \quad \text{Nm}$$

$$W = \frac{J \cdot \omega^2}{2} \quad \text{Ws el. J}$$

$$J = m \cdot r^2 \quad \text{kgm}^2$$

Använda enheter:

v = hastighet i m/s

m = massa i kg

P = effekt i W

s = sträcka i m

t = tid i sek

a = acc. i m/s²

F = Kraft i N

W = energi i Ws = J = Nm

ω = vinkelhast. i rad/sek

n = varvtal i r/ sek

r = radie i m

M = moment i Nm

J = tröghetsmoment i kgm²

α = vinkelacc. i rad/ s²

M_a = acc. moment i Nm

Formler för transmissionstekniken

Effekt

Rotationsrörelse:

$$P = M \cdot \omega \quad W$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad \text{rad/s}$$

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55 \cdot \eta} \quad W$$

$$P = \frac{M \cdot n}{9550 \cdot \eta} \quad \text{kW}$$

Linjär rörelse:

$$P = F \cdot v \cdot \frac{1}{\eta} \quad W$$

$$P = \frac{F \cdot v}{1000} \cdot \frac{1}{\eta} \quad \text{kW}$$

Vridmoment

$$M = F \cdot r \quad \text{Nm}$$

$$M_A = \frac{P \cdot 9550}{n} \cdot \eta \quad \text{Nm}$$

Hastighet

$$v = \pi \cdot D \cdot n \quad \text{m/min}$$

Använda enheter:

M = vridmoment i Nm

ω = vinkelhastighet i rad/s

n = varvtal/ min

η = verkningsgrad

F = kraft i N

v = hastighet i m/ min

M_A = avgivet vridmoment i Nm

r = hävstångslängd i m

P = effekt i kW eller W

D = diameter i m

Accelerationsmoment

$$M_a = \frac{J \cdot n \cdot r}{30 \cdot t_a} \quad \text{Nm}$$

För elmotordrift gäller:

$$M_a = \frac{J_{\text{red}} \cdot n}{9,55 \cdot t_a} \quad \text{Nm}$$

Reducering av tröghetsmoment

$$J_{\text{red}} = \frac{n^2}{n_{\text{mot}}^2} \cdot J \quad \text{kgm}^2$$

Linjärt rörliga massor reduceras till motorns varvtal enligt:

$$J_{\text{red}} = 91,2 \cdot m \cdot \frac{v^2}{n_{\text{mot}}^2} \quad \text{kgm}^2$$

Rotation, massiv cylinder:

$$J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r_y^2 \quad \text{kgm}^2$$

Använda enheter:

M_a = accelerationsmoment i Nm

J_{red} = **samtliga** tröghetsmoment reducerade till motoraxeln i kgm^2

J = tröghetsmoment i kgm^2

n_{mot} = motorvarvtal i r/ m

n = varvtal i r/ m

m = massa i kg

t_a = accelerationstid i s

r_y = massiva cylinderns ytterradie

v = hastighet i m/s

Accelerations- eller retardationstid

$$t_a = \frac{J \cdot n}{9,55 \cdot M_a} \quad \text{s}$$

Bromsarbete

$$A = \frac{M_b}{M_b + M_L} \cdot \frac{J_{\text{red}} \cdot n_{\text{mot}}^2}{182,4} \quad \text{Ws}$$

Effekt vid åkrörelse eller matningsrörelse

$$P = \frac{F \cdot v}{1000 \cdot \eta} \quad \text{kW}$$

Kraft vid glidfriktion

$$F = m \cdot g \cdot \mu \quad \text{N}$$

Använda enheter:

t_a = accelerationstid i s

M_L = lastmoment reducerat till motoraxeln i Nm

J = tröghetsmoment i kgm^2

J_{red} = samtliga tröghetsmoment reducerade till motoraxeln

n = varvtal i r/ m

n_{mot} = massiva cylinderns ytterrädie

M_a = accelerationsmoment i Nm

P = effekt i kW

A = arbete i Ws

F = kraft i N

M_b = bromsmoment i Nm

v = hastighet i m/s

η = verkningsgrad

m = lastvikt i kg

μ = friktionskoefficient

g = jordacc. ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Kraft vid åkverk och rullbanor

$$F = \frac{2 \cdot m \cdot g}{D} \cdot \left(\mu_1 \cdot \frac{d}{2} + f \right) \cdot \mu_2 \quad \text{N}$$

Vid överslagsberäkningar är det ofta enkelt att använda det specifika åkmotståndet R i N/ ton vagnvikt vid beräkning av effektbehov.

$$P = \frac{R \cdot q \cdot v}{1000 \cdot \eta} \quad \text{kW}$$

Tyngre vagnar på räls, rullagrade $R = 70 - 100 \text{ N/ ton}$

Lättare vagnar på räls, rullagrade $R = 100 - 150 \text{ N/ ton}$

Använda enheter:

F = kraften i N μ_1 = lagerfriktion

m = lastvikt i kg μ_2 = spår- eller sidofriktion

g = jordacc. (9,81 m/ s²) v = hastighet i m/s

D = hjul- eller rulldiameter i m η = verkningsgrad

f = rullfriktionens hävarm q = lastvikt i ton

d = axeltappsdiometer

Rullfriktionens hävarm, f (m):

Stål mot stål	f = 0,0003 - 0,0008
Stål mot trä	f = 0,0012
Hårdgummi mot stål	f = 0,007 - 0,02
Hårdgummi mot betong	f = 0,01 - 0,02
Luftgummihjul mot betong	f = 0,004 - 0,025

Lager-, spår- och sidofriktion:

Rullager	$\mu_1 = 0,005$
Glidlager	$\mu_1 = 0,08 - 0,1$
Rullager	$\mu_2 = 1,6$
Glidlager	$\mu_2 = 1,15$
Rullagrad sidostyrning	$\mu_2 = 1,1$
Rullbanor sidofriktion	$\mu_2 = 1,8$

Formler & Enheter

SI - ENHETER

Storleksbeteckningar och SI - enheter av intresse för denna handbok

	Beteckning Enhet	Storhet	Benämning
SI - grundenheter	m	längd	meter
	kg	massa	kilogram
	s	tid	sekund
	A	elström	ampere
	K	temperatur	Kelvin

	Storleks- beteckning	Storhet	Benämning	Enheter
För drivtekniken	a	avstånd	meter	m
	$\alpha, \beta \dots$	vinkel	radian	rad
		vinkel	grad	°
	d	diameter	meter	m
	h	höjd	meter	m
	l	längd	meter	m
	r	radie	meter	m
	s	väg	meter	m
	V	volym	kubikmeter	M ³
	a	acceleration		m/ s ²
	a	vinkelacc.		rad/ s ²
	f	frekvens	hertz	Hz
	g	tyngdkraftens acceleration		
	n	vatvtal	reciprok sekund	1 / s
	w	vinkelhastighet		rad/ s
	T	tidkonstant	sekund	s
	t	tid.varaktighet	sekund	s
	v	hastighet		m/ s
Mekanik	F	kraft	newton	N
	G	viktskraft	newton	N
	J	tröghetsmoment	kilogramkvadratmeter	kgm ²
	M	vridmoment	newtonmeter	Nm
	m	massa	kilogram	kg
	P	effekt	watt	W
	W	energi	joule	J
	h	verkningsgrad		1
	μ	friktionskoefficient	1	
Elektriska storheter	I	ström	ampere	A
	P	aktiv effekt	watt	W
	R	resistans	ohm	Ω
	S, Ps	skapbar effekt	voltampere	W, VA
	U	spänning	volt	V

Formler & Enheter

Roterande kroppars tröghetsmoment

Kropp	Rotation	Symbol	Tröghetsmoment, J kgm ²
Ihålig cylinder	Runt egen axel		$m \cdot r^2$
Homogen cylinder	Runt egen axel		$\frac{m}{2} \cdot r^2$
Tjockväggig cylinder	Runt egen axel		$\frac{m}{2} \cdot (r_1^2 + r_2^2)$
Skiva	Roterande runt egen axel		$\frac{m}{2} \cdot r^2$
Skiva	Roterande runt eget plan		$\frac{m}{4} \cdot r^2$
Sfär	Runt eget centrum		$\frac{2 \cdot m}{5} \cdot r^2$
Tunnväggig sfär	Runt eget centrum		$\frac{2 \cdot m}{3} \cdot r^2$
Smal stång	Vinkelrätt runt sin egen axel		$\frac{m}{12} \cdot l^2$

Steiners sats:

Tröghetsmomentet relativt en parallell axel på avståndet a:

$$J = J_0 + m \cdot a^2 \quad \text{kgm}^2$$

$$J_0 = \text{tröghetsmomentet} \quad \text{kgm}^2 \\ \text{relativt tyngdpunktsaxeln}$$

$$m = \text{massa för kroppen} \quad \text{kg}$$

$$a = \text{axelavståndet} \quad \text{m}$$

Formler & Enheter

Samband mellan tröghetsmoment och svängmassa

$$J = m \cdot \frac{d^2}{4} \quad \text{kgm}^2$$

Använda enheter:

J = tröghetsmoment i kgm²

$$G \cdot D^2 = G \cdot d^2 \quad \text{kpm}^2$$

m = massa i kg

$$J = \frac{G \cdot D^2}{4} \quad \text{kgm}^2$$

G = vikt i kp

d = tröghetsdiameter i m

Verkningsgraden för olika typer av drifter är oftast erfarenhetsvärden.

Nedan visas några vanliga värden för rullagrade drifter:

Kilrem 180 gr omfattningsvinkel	$\eta = 0,9 - 0,95$
Kedja 180 gr omfattningsvinkel	$\eta = 0,9 - 0,96$
Kuggstång	$\eta = 0,8 - 0,9$
Transportband 180 gr omfattningsvinkel	$\eta = 0,8 - 0,85$
Wire 180 gr omfattningsvinkel	$\eta = 0,9 - 0,95$

Friktionsvärden är svåra att ange korrekt och är beroende av bland annat ytjämnhet och smörjning.

Nedan visas några vanliga värden:

Stål mot stål	Vilofriktion, torr	$\mu = 0,12 - 0,6$
	Glidfriktion, torr	$\mu = 0,08 - 0,5$
	Vilofriktion, smord	$\mu = 0,12 - 0,35$
	Glidfriktion, smord	$\mu = 0,04 - 0,25$
Trä mot stål	Vilofriktion, torr	$\mu = 0,45 - 0,75$
	Glidfriktion, smord	$\mu = 0,3 - 0,6$
Trä mot trä	Vilofriktion, torr	$\mu = 0,4 - 0,75$
	Glidfriktion, smord	$\mu = 0,3 - 0,5$
Plast mot stål	Vilofriktion, torr	$\mu = 0,2 - 0,45$
	Glidfriktion, smord	$\mu = 0,18 - 0,35$

Formler & Enheter

Det vridande momentet på en axel ger upphov till en tvärkraft enligt följande:

$$F = \frac{f_z \cdot M}{d_o} \quad \text{N}$$

Lastfaktor, f_z :

Kuggghjul = 2100

Kedjehjul = 2100

Tandrem = 2500

Flatrem = 5000

Flatrem, förspänd = 10000

Använda enheter :

F = tvärkraft

M = vridande moment

d_o = delningsdiameter på
kuggghjul eller kedjehjul

f_z = lastfaktor enligt tabell

Driftstarter för elmotorer

Bortsett från speciella typer av drivenheter (tex lyftsystem) skall dimensionering, enl. katalog, av motorer alltid baseras på kontinuerlig drift. Om drivenheten skall köras med hög inkopplingsfrekvens, kan det vara nödvändigt att välja en större motorstorlek i specialversion. Likaså kan man välja en avsevärt mindre storlek om det rör sig om utpräglad korttidsdrift. Vi varje driftstart, som skiljer sig ifrån kontinuerlig drift är det därför nödvändigt att ange detta för motortillverkaren.

Den alltmer utbredda automatiseringen av tillverkningsförlopp har medfört att elektriska drivsystem allt oftare används i rytmisk drift eller för positionering, alltså i kopplings- och bromsteknik. För en klar beskrivning av den termiska belastningen på drivsystemet måste därför vedertagna begrepp såsom "kontinuerlig drift", "intermittent drift" och "korttidsdrift" kompletteras med extra definitioner.

I IEC-publikationen 34-1 fastställs de internationella enhetliga symbolerna S₁ till och med S₉, där bokstaven S betyder "service".

Nedanstående definitioner för driftarter utgår från IEC-publikationen 34-1 och svensk standard SS 426 01 01.

Driftstart S1

Kontinuerlig drift

Driftstart S₁ är en drift med konstant belastning (märkeffekt), som pågår tillräckligt länge för att motorn skall nå upp i termiskt jämviktsläge.

Driftstart S2

Korttidsdrift

Driftstart S₂ är en drift med konstant belastning (märkeffekt) så kort att termiskt jämviktsläge ej uppnås. Den paus i vilken maskinen ej står under spänning är så lång att maskinen praktiskt taget svalnat till kylmedlets temperatur.

Driftstart S3

Intermittent drift

Driftstart S₃ är en drift bestående av en serie likartade driftcykler. Varje sådan cykel är en period med konstant belastning (märkeffekt) och konstant stillestånd. Dessa perioder räcker inte till att nå upp till termisk jämvikt inom en cykel, varken under belastningsperioden eller viloperioden.

Driftstart S4

Intermittent drift med starter

Driftstart S4 är en drift bestående av en serie likartade driftcyklar. Varje sådan cykel omfattar en startperiod, enperiod med konstant belastning (märkeffekt) och en viloperiod. Dessa perioder räcker inte för att nå upp till termisk jämnvikt inom en cykel. I denna drift åstadkoms stillastående efter frånkopplingen antingen genom att motorn löper ut med hjälp av en mekanisk broms, så att ingen ytterligare uppvärmning av lindningarna uppstår genom detta.

Driftstart S5

Intermittent drift med elbromsning

Driftstart S5 är en drift bestående av en serie likartade driftcykler. Varje sådan cykel omfattar en startperiod, en period med konstant belastning (märkeffekt), en bromsperiod och en viloperiod. Dessa perioder är inte tillräckliga för att nå upp till termisk jämnvikt inom en cykel. I denna drift åstadkoms bromsningen elektriskt, tex med motström.

Driftstart S6

Kontinuerlig drift med intermittent belastning

Driftstart S6 är en drift bestående av en serie likartade driftcykler. Varje sådan cykel omfattar en period med konstant belastning (märkeffekt) och en tomgångsperiod. Dessa perioder räcker inte till att uppnå termiskt jämnvikt inom en period, varken under belastningsperioden eller tomgångsperioden.

Driftstart S7

Kontinuerlig drift med intermittent belastning och elbromsning

Driftstart S7 är en drift bestående av en serie likartade driftcykler. Varje sådan cykel omfattar en startperiod med konstant belastning (märkeffekt) och en period med elektrisk bromsning (tex med motström). Perioderna räcker inte till att uppnå termisk jämnvikt inom en cykel. Vid denna drift förekommer inget viloläge, i praktiken står maskinen alltid under spänning.

Formler & Enheter

Driftstart S8

Kontinuerlig drift med intermittenta belastnings- och varvtalsändringar

Driftstart S8 är en drift bestående av en serie likartade cykler. Varje sådan cykel omfattar en period av konstant belastning med konstant hastighet, som omedelbart följs av en period med helt annan belastning och annan hastighet. Detta driftsätt förekommer hos polomkopplingsbara asynkronmotorer.

mer

Driftstart S9

Drift med icke- periodisk belastnings- och varvtalsvariation

Driftstart S9 är en drift med icke- periodiska belastnings- och varvtalsvariationer, som i allmänhet ligger inom det tillåtna driftområdet. Vid denna drift kan det förekomma belastningstoppar som vida överstiger märkbelastning.

Allmänna uppgifter

IP klasser enligt IEC 34/VDE 0530 del 5

IP	5	4
----	---	---

Internationell skyddsklass

Skydd mot beröring och mot främmande partiklar

Skydd mot vatten

Kodsiffror 1 Berörings- och skydd mot främmande partiklar

Inget skydd	0	
Skydd mot partiklar över 0,5 mm, inget beröringsskydd	1	
Skydd mot partiklar över 12 mm, beröringsskydd (fingerstorlek)	2	
Skydd mot partiklar över 2,5 mm, beröringsskydd mot verktyg över 2,5 mm	3	
Skydd mot partiklar över 1 mm, beröringsskydd mot verktyg över 1 mm	4	
Skydd mot damm, fullständigt beröringsskydd	5	
Inget skydd mot partiklar eller beröring	x	

Kodsiffror 2 skydd mot vatten.

Utan skydd		0
Skydd mot vertikalt droppande vatten		1
Skydd mot 150 droppande vatten		2
Skydd mot 600 strilande stänkvatten		3
Skydd mot från alla håll kommande strilvatten		4
Skydd mot från alla håll kommande vattenstrålar, 12,5 l/min		5
Skydd mot från alla håll kommande vattenstrålar, 100 l/min		6
Skydd mot nedsänkning i vatten, 1 m djupt i 30 min		7
Skydd mot nedsättning i vatten, obegränsad tid		8
Utan vattenskydd		x

MOTORERNAS ISOLERKLASSER DIN VDE 0530 DEL 1

Isolerklassernas värden gäller vid en omgivningstemperatur på +40°C och <1000 m höjd över havet.

Isolerklass	Tillåten temperaturstegring för lindningen	Gränstemperatur i lindningarna i °C
B	80	130
F	105	155
H	125	180

ISOLERKLASS B (Normalutförande)

1. Kontinuerlig drift och intermittert drift vid omgivningstemperatur < 40°C utan effektkompensation.
2. Kontinuerlig drift och intermittert drift med högre omgivningstemperatur där man i kalkylen tagit hänsyn till faktor ft vid beräkning av erforderlig effekt.
3. Pendeldrift med låg frekvens och omgivningstemperatur upp till 300°C.
4. Tropikisolation.

ISOLERKLASS F (Specialutförande)

1. Kontinuerlig drift och intermittert drift vid omgivningstemperatur < 50°C utan effektkompensation.
2. Pendeldrift med hög frekvens eller hög omgivningstemperatur.

ISOLERKLASS H (Specialutförande)

Används vid extrema temperaturer och mycket hård drift.

Kuggspel

En växels kuggspel brukar vanligtvis anges i bågminuter och är ett mått på utgående axelns totala spel när ingående axeln är blockerad.

En grad = 60 bågminuter = 3600 bågsekunder.

Ett varv är 360 grader vilket bör poängteras då även enheten nygrader kan användas då ett varv är 400 grader.

Radian: En vinkel som upptar en cirkelbåge lika lång som radien.

$$1 \text{ varv} = 2 \cdot \pi \quad \text{rad}$$

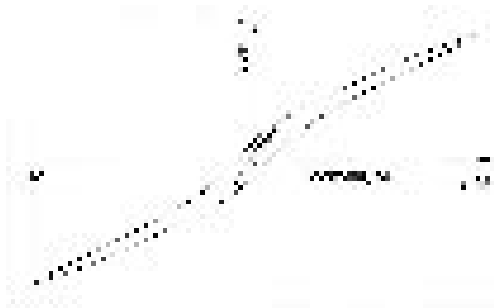
$$1 \text{ radian} = \frac{180}{\pi}$$

$$1 \text{ grad} = \frac{\pi}{180} \text{ radianer}$$

Det totala spelet för en växel består dels i ett kuggspel och dels av en vridtorsion:

$$\varphi = \frac{M}{K} \cdot \frac{180^\circ \cdot 60}{\pi} + \frac{\text{sp}}{2} \quad \text{BM}$$

Hystereskurva:



Använda enheter:

$$\varphi = \text{bågminut} \quad \text{BM}$$

$$M = \text{utg. vridmoment} \quad \text{Nm}$$

$$K = \text{torsionskonstant} \quad \text{Nm/ rad}$$

$$\text{sp} = \text{kuggspel obelastad i BM}$$

Formler & Enheter

Eltekniska formler

$$U = R \cdot I \quad V$$

$$P = U \cdot I \quad W$$

$$P_{\text{motor}} = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot \eta \quad W$$

Ström vid annan spänning:

$$I_{\text{ny}} = \frac{I_{\text{kat}}}{U_{\text{ny}}} \cdot U_{\text{kat}} \quad A$$

Varvtal vid annan frekvens:

$$n_{\text{ny}} = n_{\text{märk}} \cdot \frac{f_{\text{ny}}}{f_{\text{märk}}} \quad r / m$$

Beräkning av kondensatorvärde för trefasmotor i enfasdrift:

Tumregel: 80 mikroF per kW vid 230 V, 50 Hz

Effekten: 70 - 80 % av effekten vid trefasdrift
Startmomentet: 20 - 30 % av märkmomentet i trefasdrift
Maximimomentet: 50 % av kippmomentet vid trefasdrift

Använda enheter:

U = spänning i volt, V

f = frekvens i Hertz, Hz

R = resistens i ohm, W

n = varvtal, r/ m

I = ström i ampere, A

Index_{ny} = sökt värde

P = effekt i watt, W

Index_{kat} = katalogvärde