

Formelsammlung

NORDAC SK 1000E

Servo- Regler

SK 1000E-101-340-A ... SK 1000E-102-340-A

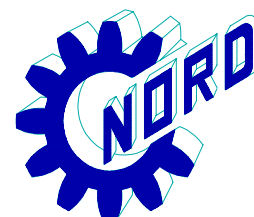


T.-Nr. 0604 1492

BU 1400 DE

Stand:30.Juni2004

Getriebebau NORD
GmbH & Co. KG



Allgemeine Informationen:

Einheiten sind SI-Einheiten

$$m, kg, N, sec, Nm, \frac{1}{sec}, kg\ m^2, \frac{m}{sec}, \frac{m}{sec^2}, \frac{kg}{m^3} \quad 1N = 1 \frac{kg \cdot m}{sec^2}$$

Vereinfachte Grundbeziehungen:

$$V = 2 * \pi * r * n$$

$$a = V / t$$

$$F_{Beschleunigung} = m * a$$

$$M_{Beschleunigung} = F_{Beschleunigung} * r$$

$$M_{Statisch} = F_{Statisch} * r$$

$$M_{Gesamt} = M_{Beschleunigung} + M_{Statisch}$$

$$J_{Extern} = \frac{m \cdot r^2}{2 \cdot i^2}$$

$$\text{Kontrolle auf } J_{Extern} < J_{Motor} * 7$$

(eventuell Verhältnis noch kleiner, um ausreichende Steifigkeit zu erzielen!)

Bei Asynchronmotoren mit Wicklung 230V/400V (ist bis zur Baugröße 100 Standard) am Servo mit 400V Netz ergibt $n_{Maximal}$:

in Stern -> 1300U/min

in Dreieck -> 2250U/min

(ohne Feldschwächung, da im Servobetrieb nicht freigegeben)

Bei Synchronmotoren bestimmt die EMK Gegenspannungs- Konstante $n_{Maximal}$:

EMK 44 -> 9000U/min

EMK 64 -> 6000U/min

EMK 88 -> 4500U/min

EMK 130 -> 3000U/min

EMK 180 -> 2000U/min

EMK 260 -> 1500U/min

EMK 360 -> 1000U/min

(Aufdruck auf dem Motortypenschild gibt die maximal mechanisch zulässige Drehzahl an.)

Seil auf Rolle:

$$M_{Last} = m * g \quad \text{mit} \quad g = 9,81m/s^2$$

$$V_{Seil} = 2 * \pi * r * n$$

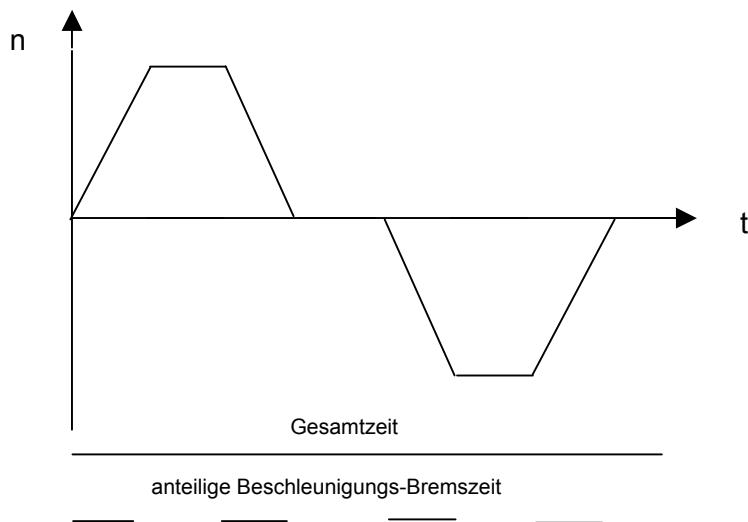
$$J_{Last} = m * r^2$$

$$M_{Beschleunigung} = J_{last} * 2 * \pi \frac{dn}{dt}$$

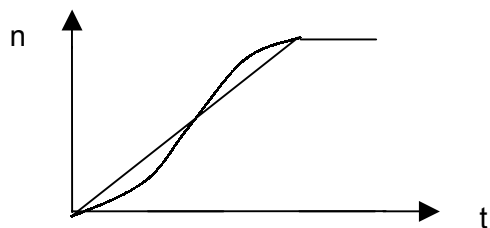
$$M_{Gesamt} = M_{Last} + M_{Beschleunigung}$$

$$M_{Motor-Statisch} = M_{Last} * 1 / i \quad (\text{bei Hubachsen})$$

$$M_{Motor-Dynamisch} = M_{Gesamt} * 1 / i$$

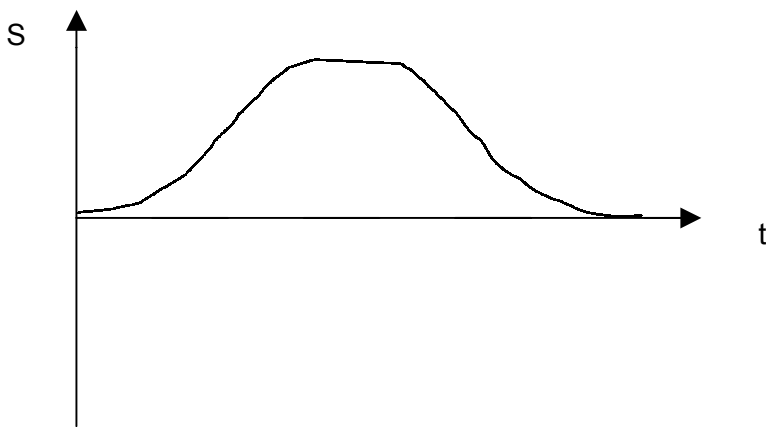
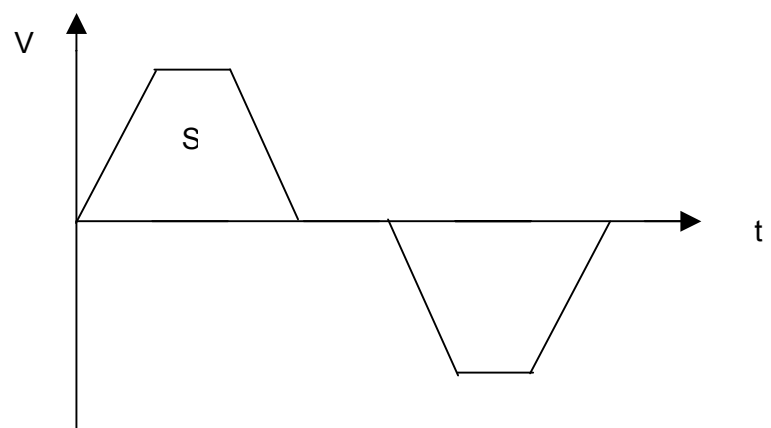
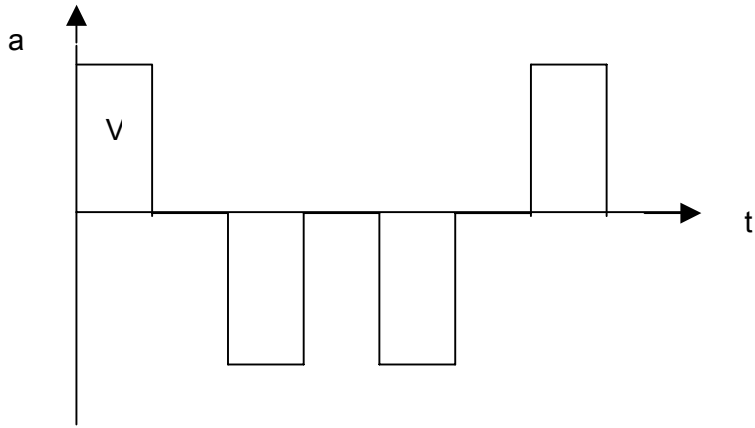
Linearachsen:

Die Beschleunigungs-Bremszeit ist jeweils und im Mittel kleiner 60s mit doppelten Strom ausnutzbar. In der Zwischenzeit kann sich der Regler thermisch erholen, das gilt nicht bei Hubachsen.

Beschleunigungsrampen:

Der Anstieg der Geschwindigkeit repräsentiert die Beschleunigung. ($a = v / t$)
Gegenüber linearer Beschleunigung ist bei \sin^2 - Beschleunigung die etwa 1,5 fache Antriebsleistung erforderlich.

Bewegungsflächen:



Die eingeschlossene Fläche vom $a - t$ Diagramm $\hat{=}$ V
Die eingeschlossene Fläche vom $V - t$ Diagramm $\hat{=}$ S

Gleichförmige Bewegung: $V_{\max} = \text{konstant}$

$$V_{\max} = \frac{S}{t}$$

Gleichförmige Beschleunigung: $a = \text{konstant}$

$$V_{\max} = a * t_b$$

$$s = \frac{V_{\max} * t_B}{2}$$

$$s = \frac{1}{2} * a * t_b^2$$

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

Positionierung im Trapezbereich:

$$s = V_{\max} * (t - t_b)$$

Positionierung im Dreiecksbetrieb:

$$t = 2 * t_B$$

$$s = V_{\max} * t * \frac{1}{2}$$

Zahnstangenantrieb / Zahnriemenantrieb:

Motordrehzahl:

$$n = \frac{V * i}{d_R * \pi}$$

Translatorisches Trägheitsmoment:

$$J_T = m_T * \left(\frac{d_R}{2} \right)^2$$

Rotorisches Trägheitsmoment:

$$J_R = \frac{m}{2} * r^2 = \frac{\pi}{2} * l * \rho * r^4$$

(Vollzylinder)

$$J_R = \frac{m}{2} * (r_a^2 * r_i^2) = \frac{\pi}{2} * l * \rho * (r_a^4 - r_i^4)$$

(Hohlzylinder)

$$\rho_{Stahl} = 7.850 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{Alu} = 2.750 \frac{kg}{m^3}$$

Reduziertes Trägheitsmoment:

$$J_{Ges} = J_{Mot} + J_{Getr} + \left(\frac{J_R + J_T}{i^2} \right)$$

Statische Lastmomente

Führungsreibung:

$$M_R = m * g * \mu * \frac{dr}{2}$$

Bearbeitungsmoment:

$$M_{\text{Bear.}} = F_L * \frac{dr}{2}$$

Gewichtsmoment:

$$M_G = m * g * \frac{dr}{2} * \sin \alpha$$

Spindelantrieb:**Motordrehzahl:**

$$n = \frac{V * i}{h}$$

Translatorisches Trägheitsmoment:

$$J_T = m_T * \left(\frac{h}{2 * \pi} \right)^2 = \frac{h * i}{\pi} * \frac{F_L}{2000} [Nm]$$

Rotatorisches Trägheitsmoment:

$$J_R = \frac{m}{2} * r^2 = \frac{\pi}{2} * l * \rho * r^4$$

(Vollzylinder)

$$J_R = \frac{m}{2} * (r_a^2 * r_i^2) = \frac{\pi}{2} * l * \rho * (r_a^4 - r_i^4)$$

(Hohlzylinder)

$$\rho_{\text{Stahl}} = 7.850 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{\text{Alu}} = 2.750 \frac{kg}{m^3}$$

Schubkraft:

$$F = \frac{M * 2 * \pi * i * \eta}{h}$$

Reduziertes Trägheitsmoment:

$$J_{Ges} = J_{Mot} + J_{Getr} + \left(\frac{J_R + J_T}{i^2} \right)$$

Statische Lastmomente

Führungsreibung:

$$M_R = m * g * \mu * \frac{h}{2 * \pi}$$

Spindel-Mutterreibung nach Herstellerangaben
 (zum Abschätzen $M_S \approx 1 \text{ Nm pro } 1 \text{ cm Spindeldurchmesser}$)

Bearbeitungsmoment:

$$M_{Bear.} = F_L * \frac{h}{2 * \pi}$$

Gewichtsmoment:

$$M_G = m * g * \frac{h}{2 * \pi} * \sin \alpha$$

Für alle Antriebsarten:

Beschleunigungsmoment:

$$M_B = \frac{2 * \pi * n * J_{Ges}}{t_B}$$

max. Drehmoment:

$$M_{Max} = M_B + \frac{M_R + M_S + M_{Bear} + M_G}{i * \eta}$$

Effektivmoment:

$$M_{eff} = \sqrt{\frac{M_1^2 * t_1 + M_2^2 * t_2 + M_n^2 * t_n}{t_1 + t_2 + t_n}}$$

Einschaltdauer:

$$ED = \frac{M_{nenn}^2}{M_{eff}^2} * 100\%$$

Gewichtsausgleich: R (%)

mechanisch

Gewichtsmoment M_G verringert sich

$$M_G = m * g * \frac{h}{2 * \pi} * \sin \alpha * \frac{R}{100}$$

(Spindel)

$$M_G = m * g * \frac{dr}{2} * \sin \alpha * \frac{R}{100}$$

(Zahnstange/Riemen)

Trägheitsmoment J_T erhöht sich

$$J_T = m_T * \frac{(200 - R) * h}{100 * 2 * \pi}$$

(Spindel)

$$J_T = m_T * \frac{(200 - R) * dr}{100 * 2}$$

(Zahnstange/Riemen)

pneumatisch und hydraulisch

**Gewichtsmoment M_G verringert sich wie beim mechanischen Gewichtsausgleich
Trägheitsmoment J_T ändert sich nicht.**

Formelzeichen:

d	=	Durchmesser [m]
F	=	Kraft [N]
h	=	Spindelsteigerung [m]
l	=	Länge [m]
i	=	Untersetzung $\left[\frac{\text{Eingangsdrehzahl}}{\text{Ausgangsdrehzahl}} \right]$
m	=	Masse [kg]
M	=	Drehmoment [Nm]
J	=	Massenträgheitsmoment [kg m ²]
S	=	Weg [m]
t	=	Zeit [sec]
V	=	Geschwindigkeit $\left[\frac{m}{sec} \right]$
η	=	Wirkungsgrad
ρ	=	Dichte $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
n	=	Drehzahl $\left[\frac{1}{sec} \right]$
a	=	Beschleunigung $\left[\frac{m}{s^2} \right]$
μ	=	Reibfaktor (0,5 bei Rollführungen / 0,15 bei Stahlführungen)
r	=	Radius [m]
P	=	Leistung [W]
W	=	Energie [W * sec]
ω	=	Winkelgeschwindigkeit $\left[\frac{1}{sec} \right]$
ε	=	Winkelbeschleunigung $\left[\frac{1}{sec^2} \right]$
ED	=	Einschaltdauer [%]
g	=	Erdbeschleunigung 9,81 $\left[\frac{m}{sec^2} \right]$
α	=	Neigung der Achse zur Horizontalen
R	=	Gewichtsausgleich [%]