

Bewertung Verhältnis Fremdträgheitsmoment zu Motortragheitsmoment

Hilfestellung Eingabe Grenzwerte für die farbliche
Darstellung im SIZER

FAQ • August 2013



Service & Support

Answers for industry.

SIEMENS

Dieser Beitrag stammt aus dem Siemens Industry Online Support. Es gelten die dort genannten Nutzungsbedingungen (www.siemens.com/nutzungsbedingungen).

Durch den folgenden Link gelangen Sie direkt zur Downloadseite dieses Dokuments.

<http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/79684499>

Frage

Wie lässt sich das Verhältnis Fremdträgheitsmoment zu Motorträgheitsmoment bewerten? Welche Grenzwerte für die farbliche Darstellung sollten im SIZER eingestellt werden?

Antwort

Folgen Sie zur umfassenden Beantwortung dieser Frage den in diesem Dokument aufgeführten Handlungsanweisungen und Hinweisen.

Inhaltsverzeichnis

1	Theoretischer Zusammenhang zwischen Motoranbindung und Trägheitsmoment – Darstellung mittels eines Zwei-Massen-Schwingers	4
2	Definition Dynamik	6
3	Beispiele	7
3.1	Varianz des Trägheitsverhältnisses.....	7
3.2	Varianz der Anbindungssteifigkeit	7
3.3	Vergleich Getriebe vs. Komplettorquemotor	8
4	Fazit.....	9

1 Theoretischer Zusammenhang zwischen Motoranbindung und Trägheitsmoment – Darstellung mittels eines Zwei-Massen-Schwingers

Das Verhältnis Fremdträgheitsmoment zu Motorträgheitsmoment wird standardmäßig im Sizer-Motorassistenten farblich markiert. Die Standardgrenzwerte können unter den Sizer-Optionen im Reiter „Auslegungsvorbelegung“ nach eigenen Wünschen verändert werden. Als Standardwerte sind 3 und 7 vorbelegt.

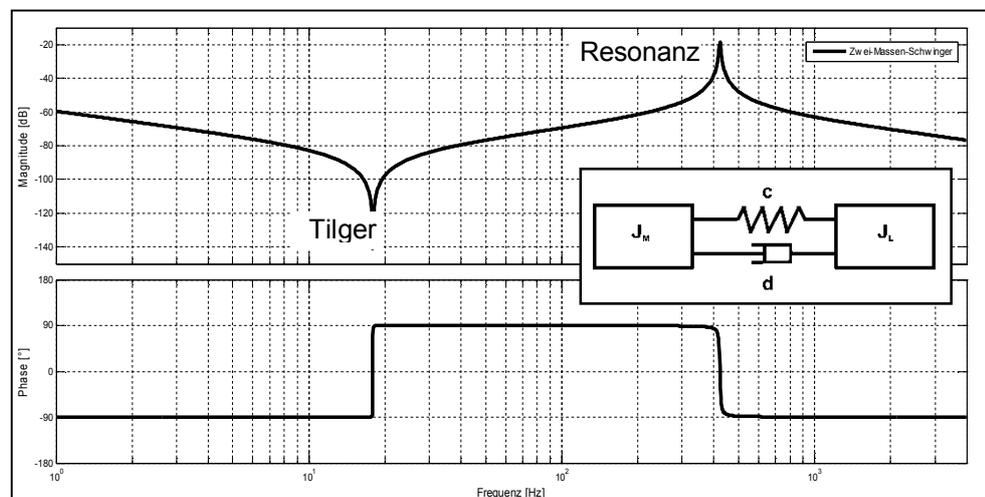
- Trägheitsmomentverhältnis < 3 => schwarze Markierung
- Trägheitsmomentverhältnis $3 \dots 7$ => gelbe Markierung
- Trägheitsmomentverhältnis > 7 => rote Markierung

Die Angabe des Trägheitsverhältnisses kann allerdings nur bedingt zur Bewertung der Tauglichkeit für eine Applikation herangezogen werden. Je nach Steifigkeit der Motoranbindung und Anforderung an die Dynamik (Lastzyklus) können für gewisse Applikationen Trägheitsverhältnisse in Frage kommen, die bei anderen Applikationen nicht zielführend wären.

Im Folgenden wird der prinzipielle Zusammenhang zwischen Motoranbindung und Trägheitsmoment mittels der sogenannten Drehzahlregelstrecke aufgezeigt. Die Drehzahlregelstrecke gibt das Verhältnis zwischen Motorgeschwindigkeit und Motorkraft an. Aussagen über die Regelbarkeit einer Maschinenachse lassen sich mit ihr machen.

Die niedrigste Eigenfrequenz, auch Tilgerfrequenz genannt, des mechanischen Aufbaus beschränkt die Bewegungsdynamik und somit die Bandbreite des Systems. Der mögliche Proportionalverstärkungsfaktor wird durch sie ebenfalls begrenzt. Eine hohe Eigenfrequenz und ein hoher Verstärkungsfaktor der Regelung kann durch eine steife Feder und eine leichte Masse erreicht werden. Durch diese genannten Faktoren lässt sich die Masse schnell in die gewünschte Position bringen. Bewegungen des Motors mit Frequenzen, die über der Tilgerfrequenz liegen, wirken sich immer weniger auf die Last aus. Die Last koppelt sich von der Motorbewegung ab.

Abbildung 1-1



Folgend sind grundlegende Formeln zur Berechnung des Tilgers und der Resonanzfrequenz dargestellt. Zu sehen ist, wenn das Trägheitsmoment steigt, muss die Anbindungssteifigkeit ebenso steigen, damit die Eigenfrequenz konstant gehalten werden kann. Je größer das Trägheitsmomentverhältnis zwischen Last und Motor ist, desto weiter liegen beide Frequenzen auseinander.

$$f_T = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{J_{Last}}} \quad f_R = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{c \cdot \left(\frac{1}{J_{Mot}} + \frac{1}{J_{Last}} \right)}$$

Zeichen und Symbole:

c = Torsionssteifigkeit

J_{Mot} = Trägheitsmoment Motor

J_{Last} = Trägheitsmoment Last

f_T = Tilgerfrequenz

f_R = Resonanzfrequenz

Hinweis zur Drehzahlregelstrecke:

Je weiter rechts der erste Tilger auf der x-Achse und je weiter negativ die gesamte Kurve auf der y-Achse verschoben, desto höher die erreichbare Proportionalverstärkung im Drehzahl- und Lageregler und somit die Dynamik.

2 Definition Dynamik

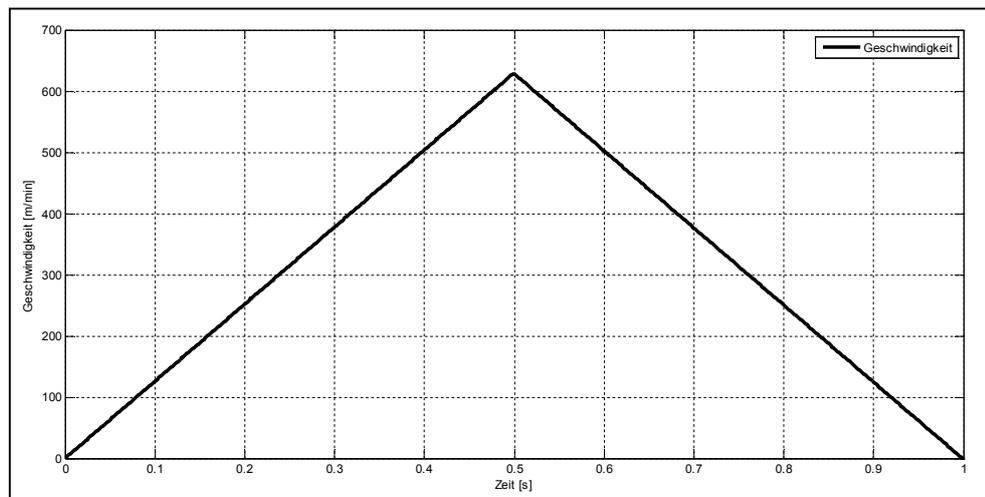
Als Dynamik ist zum einen die Dynamik wie schnell eine Störung ausregelbar ist gemeint und zum anderen die Dynamik, wie schnell eine Lageänderung umsetzbar ist. Zweites wird auch Beschleunigungsvermögen genannt.

Tipp:

Die Reglerbandbreite sollte Faktor 5...10 größer sein als die Zyklus-Taktfrequenz um eine Position schwingungsarm anzufahren.

Folgend ein Beispiel mit einem gewissen Geschwindigkeitsverlauf.

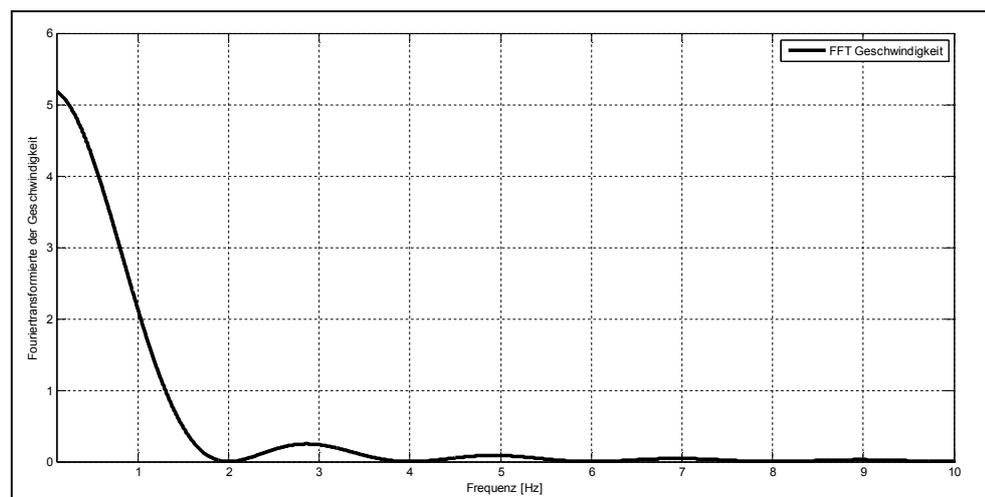
Abbildung 2-1



$$f_{Takt} = \frac{1}{t_E} \quad \text{mit } t_B = \text{Beschleunigungs- / Verzögerungszeit}$$

Fouriertransformierte der Geschwindigkeit

Abbildung 2-2



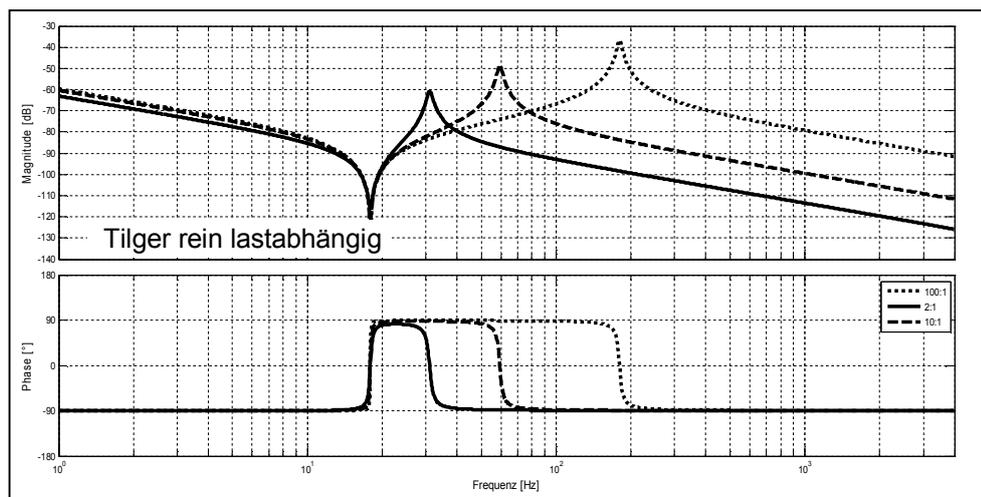
In dem Geschwindigkeitsverlauf sind hauptsächlich Frequenzen bis zur Taktfrequenz enthalten, im Beispiel ist das 2Hz. Somit wäre eine Reglerbandbreite von mindestens 10...20Hz notwendig, um den Verlauf gut nachbilden zu können.

3 Beispiele

3.1 Varianz des Trägheitsverhältnisses

Abbildung 3-1 zeigt verschiedene Lastträgheitsverhältnisse. Dabei wird die Lastträgeit konstant gehalten und die Rotorträgeit variiert. Durch Zunahme des Trägheitsverhältnisses verschiebt sich die Resonanz hin zu höheren Frequenzen. Die Tilgerfrequenz hängt nur von der Last ab und bleibt unverändert. Amplitudenausprägung zwischen Tilger und Resonanz nimmt mit größer werdenden Trägheitsverhältnis zu.

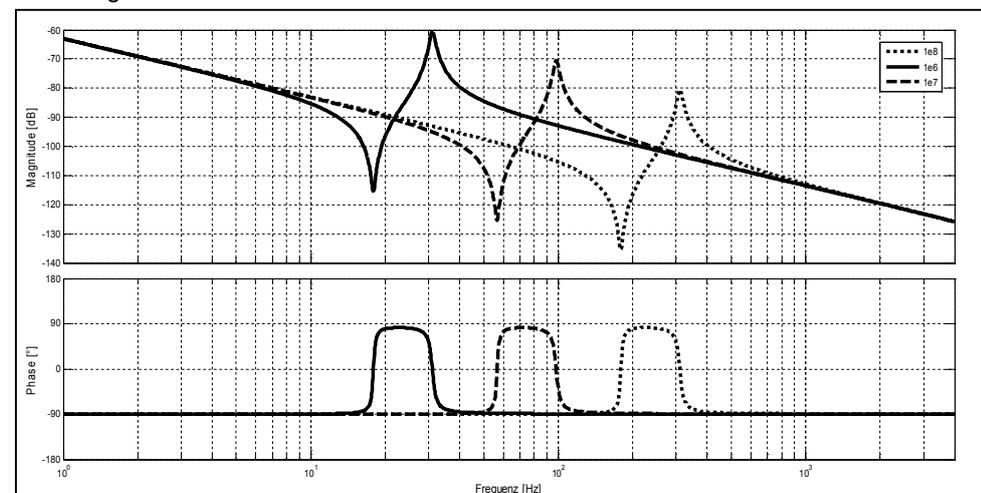
Abbildung 3-1



3.2 Varianz der Anbindungssteifigkeit

Abbildung 3-2 zeigt den Einfluss der Variation der Anbindungssteifigkeit. Die Zunahme der Wellensteifigkeit führt zu einer Verschiebung von Tilger und Resonanz hin zu höheren Frequenzen. Der Frequenzgangkennlinienverlauf ändert sich nicht. Der Abstand zwischen Tilger und Resonanz, bezogen auf den logarithmischen Maßstab, bleibt gleich groß. Die Anpassung der Wellensteifigkeit beeinflusst die Amplitudenausprägung nicht – Tilger und Resonanz bewegen sich jeweils auf Geraden.

Abbildung 3-2



3.3 Vergleich Getriebe vs. Komplettorquemotor

Folgend werden zwei Antriebssysteme bezüglich Drehzahlregelstrecke verglichen.

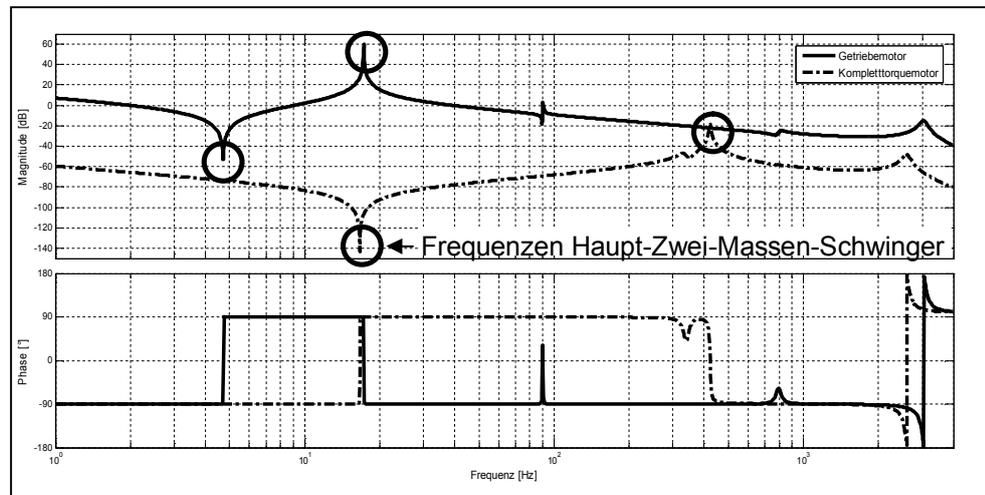
1. Getriebemotor

- Getriebemotor AH80 mit einem Planetengetriebe, Übersetzung von 50, und einer Metallbalgkupplung
- Trägheitsmomentverhältnis von 13

2. Komplettorquemotor

- Komplettorquemotor in der AH200. Rotor direkt an die Maschinenwelle angebunden
- Trägheitsmomentverhältnis von 555

Abbildung 3-3



Trotz des höheren Trägheitsverhältnisses des Komplettorquemotors um den Faktor 43 bezüglich dem Getriebemotor, kann mit dem Direktmotor eine höhere Regelbandbreite und somit Dynamik erreicht werden. Ursächlich ist die erheblich steifere Anbindung zwischen Motor und Lastwelle. Ein Getriebe und Kupplung ist verhältnismäßig weich, was sehr kritisch bezüglich erreichbarer Regelbandbreite ist. Die Torsionssteifigkeit wird mit dem Quadrat des Übersetzungsverhältnisses verringert. Dadurch ist besonders bei hohen Übersetzungen die erreichbare Dynamik begrenzt, auch wenn dadurch das Trägheitsverhältnis verringert werden kann.

4 Fazit

Grenzwerte bezüglich Trägheitsmomentverhältnisses zu verallgemeinern ist nur schwer möglich, da je nach Motoranbindung (Steifigkeit zwischen Rotor und Maschinenwelle) und gefordertem Lastzyklus (Beschleunigung/Verzögerung) applikationsspezifisch bewertet werden muss.

Grob kann man z.B. speziell bei Antrieben im Werkzeugmaschinenbereich den Grenzwert auf 3 setzen. Bei Antrieben im Produktionsmaschinenbereich darf die Grenze oft angehoben werden. Bei Direktmotoren kann aufgrund der steifen Lastanbindung der Grenzwert weiter erhöht werden. Trägheitsmomentverhältnisse können dabei je nach geforderten Lastzyklus 50:1 oder bei eher wenig dynamischen Anwendungen sogar auch 2000:1 entsprechen.