

Vorwort zur simulierten Dynamik

In Band 1/7 der Reihe ‚Strukturbildung und Simulation technischer Systeme‘ wurde das statische Verhalten mechanischer, elektrischer, thermischer und hydropneumatischer Systeme simuliert. Statisch bedeutet: Alle Signalgeschwindigkeiten sind null oder mindestens so gering, dass systeminterne Verzögerungen keine Rolle spielen. Dadurch wurden die grundsätzlichen Funktionen dieser Systeme geklärt, z.B. das Führ- und Störverhalten von Regelkreisen.

Dieser Band 2/7 behandelt das dynamische Verhalten elektrischer und mechanischer Systeme. Dadurch soll die Frage nach den mit diesen Systemen erreichbaren Geschwindigkeiten und Reaktionszeiten untersucht werden. Das ist immer dann wichtig, wenn es auf Leistung ankommt, z.B. in der industriellen Produktion.



Abb. 0-0-1 Die hier behandelten Themen: Beantwortet werden soll die Frage ‚Wozu braucht man das?‘ Deshalb wechseln sich hier Theorie und Praxis ständig ab.

Wir beginnen jeden Band der ‚Strukturbildung und Simulation technischer Systeme‘ mit der Zusammenfassung der wichtigsten Themen der vorherigen Kapitel. Sie werden zum Verständnis der Beispiele dieses Bandes gebraucht. Am Schluss finden Sie unter ‚Wie geht es weiter?‘ die in den folgenden Bänden behandelten Themen.

Zweck der folgenden Analysen ist die **Gestaltung dynamischer Systeme** (Schnelligkeit, Stabilität). Zur dynamischen Analyse komplexer Systeme sind die hier vorgestellten Verfahren einfach und wirkungsvoll:

- **Strukturbildung und Simulation, Sprungantworten,**
- **Frequenzgänge und ihre Darstellung im Bode-Diagramm**

Um Systeme simulieren zu können, müssen ihre Bauelemente - genau wie in der Praxis - **dimensioniert** werden. Wir tun dies durch **Konstantenbestimmung**. Für dynamische Systeme sind ihre **Zeitkonstanten** gesucht. Sie zu kennen ist die Voraussetzung zur Dimensionierung von Energiespeichern und -verbrauchern.

Dynamische Analysen erfolgen durch Auswertung der Simulationen. Das ist anschaulich und benötigt keine höhere Mathematik. Sie ermöglichen die **Dimensionierung** aller Komponenten eines Systems gemäß den gewünschten Eigenschaften. Wie leistungsfähig und einfach die hier verwendeten Analyseverfahren (Struktur, komplexer Frequenzgang und Bode-Diagramm) sind, wird in den folgenden Kapiteln immer wieder gezeigt.

Kapitel 3 ‚Elektrische Dynamik‘

- Testsignale: Rechteck-Dreieck-Sinus
- Differenzierung und Integration
- Elektronischer Winkel- und Beschleunigungsmesser
- Elektromagnetismus
- Wirbelströme und magnetische Grenzfrequenz
- Antennen und Skineffekt
- Magnetische Hysterese und Induktionsheizung
- Komplexe Rechnung, Resonanzfrequenz und Dämpfung
- Bode-Diagramm: Amplitudengang, Phasengang und das dB (dezi Bel)
- Frequenzgang und Sprungantwort, Dämpfung und Überspringen
- Kriechfall, Schwingfall und optimale Dynamik
- Ferritperlen und Rauschfilter

Kapitel 4 ‚Mechanische Dynamik‘

- Oszillatoren für Translation und Rotation
- Materialkonstanten, Zeitkonstanten
- Kreisel: Spin, kardanische Aufhängung
- Kfz-Verbrauchsanalyse

Zum Verständnis der Dynamik - Kapitel 3 (Elektrizität) und 4 (Mechanik) sind Vorkenntnisse aus Band 1 erforderlich. Wir wiederholen sie in den vorangestellten Kapiteln ‚Das Wichtigste aus Kapitel 1 und 2‘.

Eine gelungene Einführung in die hier simulierten Themen mit Versuchen und Übungsbeispielen finden Sie unter <http://www.grund-wissen.de/>

Mit den statischen Kenntnissen aus den Kapiteln 1 und 2 (Band 1/7) und den dynamischen Kenntnissen aus Kapitel 3 und 4 (in diesem Band 2/7) verfügen Sie über das Rüstzeug zur Simulation auch komplizierter physikalischer Systeme. Dazu bieten die folgenden 5 Bände der Reihe ‚Strukturbildung und Simulation technischer Systeme‘ eine Vielzahl von Beispielen. Eine Zusammenstellung finden Sie am Schluss dieses Bandes unter ‚Wie geht es weiter?‘ Die Auswahl liegt bei Ihnen.

Zur Nomenklatur

Konstanten erhalten wenn möglich große Buchstaben, z.B. der elektrische Widerstand R. Arbeitspunktabhängige Konstanten erhalten kleine Buchstaben, z.B. der differenzielle Diodenwiderstand r.AK.

Signale erhalten, wenn es nicht anders üblich ist, auch kleine Buchstaben, z.B. der elektrische Strom i.

Ausnahmen: Die konstante Masse heißt traditionsgemäß klein m. Das Drehmoment, eine Variable (=Signal), heißt dagegen groß M.

Schreibweisen von Zahlenwerten

- dezimal: 123456,789 – ist scheinbar genau, aber unübersichtlich
- exponentiell: $123,456789 \cdot 10^{\text{Exp}} \approx 123\text{E}(\text{exp})$ ist übersichtlich und mit an die Messpraxis angepasster Genauigkeit. Die dritte Ziffer hat eine Unsicherheit von höchstens 1%.
- Abkürzung für den exponentiellen Faktor ist $E=10^{\text{Exp}}$ (Abb. 0-0-2).

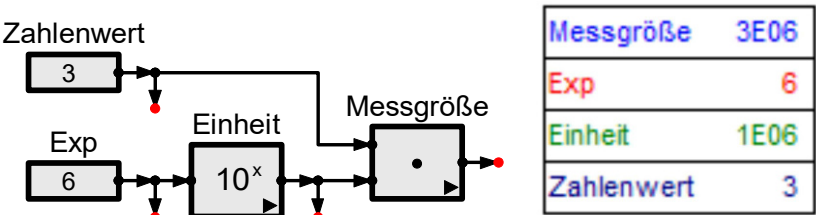


Abb. 0-0-2 Simulation einer Messgröße, bestehend aus Zahlenwert und Einheit

Den Grundeinheiten (m, s, kg, N, V, A) werden Abkürzungen werden vorangestellt (Tab. 0-0-1). So ist z.B. die Kraft N/1000=1mN. Dagegen ist 1Nm ein Drehmoment.

Tab. 0-0-1 Abkürzungen für Zehnerpotenzen

SI-Präfixe										
Name	Deka	Hekto	Kilo	Mega	Giga	Tera	Peta	Exa	Zetta	Yotta
Symbol	da	h	k	M	G	T	P	E	Z	Y
Faktor	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁶	10 ⁹	10 ¹²	10 ¹⁵	10 ¹⁸	10 ²¹	10 ²⁴
Name	Dezi	Zenti	Milli	Mikro	Nano	Piko	Femto	Atto	Zepto	Yokto
Symbol	d	c	m	μ	n	p	f	a	z	y
Faktor	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹⁵	10 ⁻¹⁸	10 ⁻²¹	10 ⁻²⁴

Abkürzungen und Einheiten

Verwendet werden die allgemein üblichen Abkürzungen, z.B. M für Drehmomente, n für Drehzahlen, U oder u für Spannungen, I oder i für Ströme und f für Frequenzen

Für spezielle Fälle werden sie entsprechend indiziert, z.B. die Resonanzfrequenz ist f.0 oder f.Res. Größen, die **individuell** verschieden sein können, sind als **,ind‘** bezeichnet.

Tab. 0-0-2 Die Kurzzeichen von Messgrößen und Parametern und ihre Einheiten

Abkürzg	Einheit	Größe
φ, phi	rad°, °	Winkel
ε	ppm	Dehnung
α	l	Winkel
ϑ	°C	Temperatur
Δ	l	Änderung
ρ.me	kg/m³	mech. Dichte
ρ.el	Ω·m	Spez. el. Widerstand
δ	1/s	Abklingrate
ρ	Ω·m	Spez. el. Widerst.
σ	N/m²	Mech. Spannung
Ω	rad/s	Winkelgeschwind.
γ	1/s	Dämpfgsgeschw.
φ	Vs	Windungsfluss phi
ψ	Vs	Spulenfluss PHI
dΩ/dt	rad/s²	Winkelbeschl.
A	ind.	Amplitude
b	A/s	Ladungsbeschl.
B	T=Vs/A	Flussdichte
C	F=As/V	Elektr. Kapazität
DT	ind/K	Temp.-Durchgriff
d		Kleine Änderung
dT	K	Temperaturänderg
F.ind	ind.	Absoluter Fehler
F.rel	%	Relativer Fehler
FVP	lit·Hz	Freq.-Vol.-Produkt
f.g	Hz	Elektr. Grenzfreq.
f.gr	Hz	Magn. Grenzfreq.
E	Ind.	Empfindlichkeit
E	lx	Beleuchtungsstärke
E.Mod	N/m²	Elastizitätsmodul
h	m	Höhe
H	A/m	Magn. Feldstärke
lit	dm³	Liter
I	W/m²	Strahlungsintensität
i	A	Elektrischer Strom
i.Nen	A	Nennstrom
k.geo	M	Geometriekonstante
J	A/mm²	Stromdichte
k.F	N/m	Federkonstante
k.R	Ns/m	Reibungskonstante

Abkürzg	Einheit	Größe
L	Nm·s	Drehimpuls
L	H=Vs/A	Induktivität
l	m	Länge
MSV	Magnet.	Spann.-Verhältnis
n	Upm	Drehzahl
p	l oder dB	Pegel
P	W	Leistung
om	rad/s	Kreisfrequenz
P.A	W	Antriebsleistung
P.el	W	elektrische Leistung
N		Windungszahl
om=ω	1/s	Kreisfrequenz
Om=Ω	Rad/s	Winkelgeschw.
Pa	N/m²	Pascal
P	W	Leistung
p	Pa, bar	Druck
p	Ns	Impuls
m/t	kg/s	Massendurchsatz
q.V	lit/s	Volumenstrom
q	As	Ladung
Q	Q=1/2d	Spulengüte
RÜ	RÜ=Q	Resonanzüberhöhg
R	Ω	Elektr. Widerstand
r	Ω	Nichtlin. Widerst.
s	mm	Kantenlänge
S	μW/m²	Intensität
t	s	Zeit
T	s	Zeitkonstante
T	°C	Absolute Temp.
TE		Thermoelement
TK	ppm/K	Temperaturkoeff.
Tol	%	Toleranz
T.el	s	Elektr. Zeitkonst.
U; u	V	Elektr. Spannung
V		Verstärkung
≐		entspricht
⊕		geom. Addition

rad = Bogen/Radius in m/m=1
ind. = individuelle Einheit

Strukturbildung und Simulation technischer Systeme

Band 2, Teil 1: Elektrische Dynamik

Rossmann, A.

2017, X, 466 S. 328 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-48305-3