

A7: Skalierung unter Unsicherheit

Dipl.-Ing. Angela Vergé,
Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz, Institut für Fluidsystemtechnik

AUSGANGSPUNKT

Skalierungs- und Entscheidungsmethoden bieten hohes Potential, um Unsicherheiten im Syntheseprozess zu realisieren. (Arbeitshypothese)

UNSICHERHEIT

- 1) Wie können Verschleißmodelle dimensionsanalytisch begründet und in der algorithmischen Strukturfindung genutzt werden?
- 2) Wie kann Dimensionsanalyse genutzt werden, um aus Fertigungs- Funktionsunsicherheit abzuleiten?
- 3) Wie können diskrete Elemente (Aktoren, ...) in der Skalierung behandelt und damit Unsicherheit bewertet und beherrscht werden?

ZIELE

Methodenentwicklung von Skalierung in Verbindung mit diskreter Entscheidung zur algorithmischen Strukturierung von Systemen (Technical Operations Research –TOR) am Beispiel des hydrostatischen Getriebes.

KOMPONENTE: DIMENSIONSANALYSE VON VENTILVERSCHLEISS

Schematische Darstellung von Verschleiß der Steuerkanten in einem Ventil:

- Verschleißrate ist umgekehrt proportional zur Wurzel des Ventildurchmesser
- Verschleißrate ist proportional zur Wurzel der Druckdifferenz
- Zeitraffung infolge von Verschleiß

$$dt_+ = K(\text{Prozess}(t)) dt, \text{ mit } t_+(0) = 0$$

Verschleiß ⇒ lineare Schadensakkumulation

$$F = \frac{\Delta A}{A_S} = \int_0^t K(\text{Prozess}(\tau)) f(\tau) d\tau \quad (1)$$

Verschleißrate K:

$$K = K(\Delta p, A_{max}, \rho, c_v, S)$$

$$\Leftrightarrow K = \sqrt{\frac{\Delta p}{A_{max} \rho}} K_+(S, c_v) \sim \sqrt{\frac{1}{d}} \quad (2)$$

Abgeleitet aus empirischen Daten von [1] ergibt sich der funktionale Zusammenhang von $K_+(S, c_v)$.

SYSTEM: HYDROSTATISCHES GETRIEBE

Funktion:
Vorgeschriebene Last F mit vorgeschriebener Geschwindigkeit v heben

Ziel:
Finde das System, das eine maximale Verfügbarkeit
→ minimaler Verschleiß → minimale Unsicherheit zeigt

Spielfeld:

AXIOMATISCHE SYSTEMSYNTHESE

- TOR vergleicht und bewertet Strukturvarianten und findet das System mit der minimalen Unsicherheit.
- 13 fache Systemlebensdauer gegenüber einer Schaltung mit einem 4/3 Proportionalventil.
- Aus über zwanzig Kombinationsmöglichkeiten findet TOR das auf Lebensdauer optimierte System.

ENTSCHEIDUNGSBAUM

STRUKTUR-VARIANTE A,B,C
 KEINE LÖSUNGEN

SKALIERUNGSUNSICHERHEIT

Ziel: Bewertung der Unsicherheiten im Skalierungsprozess

Maßstabfaktoren
 $M_d := \frac{d}{d_0}$ $M_l := \frac{l}{l_0}$ $M_F := \frac{F}{F_0}$

Fertigungsunsicherheiten (DIN ISO 286)
 $U_L := \frac{\Delta L}{L}$
 $\Delta L := \frac{1}{1000} \left(M_L \frac{L_0}{L_{10}} \right)^{1/3}$

Maßstabfaktor für Knicklast
 $\tilde{M}_F = M_F (1 + U_F)$
 $\tilde{M}_F = \frac{M_d^4 (1 \pm U_d)^4}{M_l^2 (1 \pm U_l)^2}$
 $\Rightarrow U_F = \frac{(1 \pm U_d)^4}{(1 \pm U_l)^2} - 1$

AUSBLICK

BEANTWORTUNG DER FRAGE 3)

Wie können diskrete Elemente (Aktoren, ...) in der Skalierung behandelt werden?

Diskrete Anzahl hydraulischer Aktoren mit Skalierungsmethoden erfassen und Unsicherheiten im hydrostatischen Getriebe minimieren.

Vorgehen nach [2].

Quellen:
 [1] Schumacher, J.: „Alterungs- und Verschleißverhalten von Druckübertragungsmedien und hydraulischen Ventilen“, Reihe Fluidtechnik, Band 74, Shaker Verlag (2014), Aachen
 [2] Peter F. Pelz, Angela Vergé: „Validated biomechanical model for efficiency and speed of rowing“, Journal of Biomechanics 47 (2014), pp. 3415-3422