1. Mathematische Grundlagen

1.1. komplexe Zahlen
1.2. Dezibelrechnung
1.3. Additionstheoreme
1.4. Partialbruchzerlegung
1.5. MNF / pq-Formel
1.6. Polynomdivision

2. Physikalische Grundlagen

Newtonsche Gesetze:

- 1. Newtonsches Gesetz: $F = m \cdot a$
- 2. Newtonsches Gesetz: $F = m \cdot \frac{dv}{dt}$
- 3. Newtonsches Gesetz: $F = -F_{Gegenseite}$

3. Formelzeichen

Cosinusdarstellung: $a\cos(x) + b\sin(x) = R\cos(x - \phi)$

4. Differentialgleichungen

Auftereten von Nullstellen bei Polynom mit konstanten Koeffizienten:

- reelle Nullstellen: $s_1, s_2, \ldots, s_n$
  $P(s) = (s - s_1)(s - s_2)\ldots(s - s_n)$
- komplexe Nullstellen: $s_{n+1} = a + jb$
  $P(s) = (s - s_{n+1})(s - s_{n+2})\ldots(s - s_{n+m})$

Allgemeine Form

$$\frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1}\frac{d^{n-1}y(t)}{dt^{n-1}} + \ldots + a_1\frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = b_0 u(t) +$$

- n = Ordnung der DGL
- a_i = Koeffizienten der DGL
- b_i = Koeffizienten der Eingangsgröße
- $y(t)$ = Ausgangsgröße
- $u(t)$ = Eingangsgröße

Meistens sind inhhomogene DGLs höherer Ordnung gegeben. Diese können gelöst werden durch:

- Variation der Konstanten
- Ansatz der rechten Seite
- Laplace-Transformation

5. Systemeigenschaften

5.1. Linearität

- Superposition: $S\{u_1(t) + u_2(t)\} = S\{u_1(t)\} + S\{u_2(t)\}$
- Homogenität: $S\{k \cdot u(t)\} = k \cdot S\{u(t)\}$

5.2. Zeitinvarianz

- Ein System S ist zeitinvariant, wenn für jede beliebige Zeitverschiebung τ gilt: $y(t - \tau) = S\{u(t - \tau)\}$

5.3. Kausalität

- Ein System S ist kausal, wenn der Wert des Eingangs $u(\bar{t})$ zum Zeitpunkt $\bar{t}$ keinen Einfluß auf den Ausgang $y(t)$ für $t < \bar{t}$ hat.
  Bzw, wenn im Eingang höhere Ableitungen als im Ausgang vorkommen.

5.4. Stabilität

- asymptotisch stabil: alle Wurzeln der charakteristischen Gleichung haben negative Realteile
- stabil: alle Wurzeln der charakteristischen Gleichung haben Realteile ≤ 0
- instabil: mindestens eine Wurzel der charakteristischen Gleichung hat einen positiven Realteil

6. Güteanforderungen

6.1. Stabilität

- asymptotisch stabil: alle Wurzeln der charakteristischen Gleichung haben negative Realteile
- stabil: alle Wurzeln der charakteristischen Gleichung haben Realteile ≤ 0
- instabil: mindestens eine Wurzel der charakteristischen Gleichung hat einen positiven Realteil

6.2. Stationäre Genauigkeit

- $e_{ss} = \lim_{t\to\infty} e(t)$
- $e_{ss} = 0$ für alle stationären Eingangsgrößen

6.3. Dynamisches Verhalten

- Überschwingen: $e_{max} = \max\limits_{t\geq 0} e(t)$
- Einschwingzeit: $t_e = t_{max} - t_{ss}$
- Anstiegszeit: $t_a = t_{ss} - t_0$
- Regelzeit: $t_r = t_{ss} - t_{min}$

6.4. Robustheit

Forderungen 1 - 3 werden trotz Unsicherheiten erfüllt!

- Unsicherheiten bewegen sich innerhalb vorgegebener Grenzen
- Unsicherheiten → Unterschiede zwischen Modell u. Wirklichkeit
- Ursache von Unsicherheiten:
  - Modell beschreibt Wirklichkeit nur annähernd und vereinfacht
  - Regelstrecke verändert sich (Toleranzen, Alterung, Verschleiß, ...)

6.5. Modell des Standardregelkreises

Führungsübertragungsfunktion $G_W(s)$ und Störgrößenübertragungsfunktion $G_Z(s)$ müssen zusammen 1 ergeben:

$$G_W(s) + G_Z(s) = 1$$

6.6. Stationäres Verhalten

Bleibende Regelabweichung: $e_{ss} = \lim_{t\to\infty} e(t)$
Lässt sich im Nenner von $G(s)$ mindestens ein s ausklammern, ist die Bleibende Regelabweichung 0.