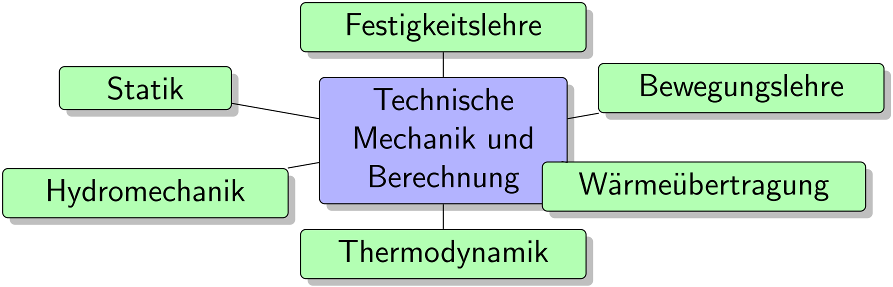
Umsetzung des neuen EL-Lehrplans

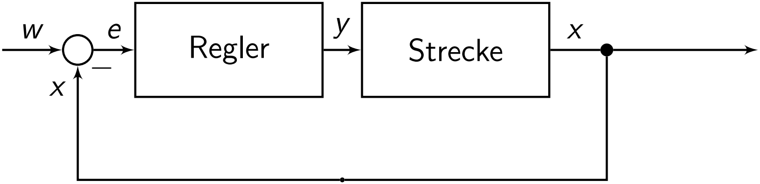
... für Maschinenbauer ...

Dipl.-Ing. Dr.techn. Michael Schwarzbart
scb@htlwrn.ac.at

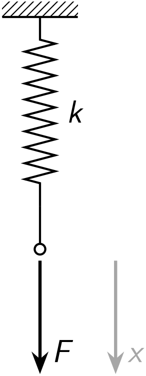
Salzburg 09.Dezember 2015

Der Weg zu dynamischen Systemen





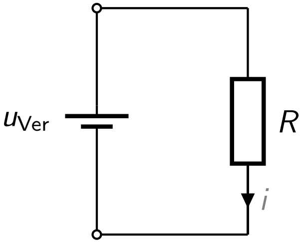
P-Glied mechanisch



Kräftegleichgewicht:

$$
\begin{aligned}
\sum_i F_i &= 0 \\
F - F_\mathrm{F} &= 0 \\
F - k \cdot x &= 0 \\
x &= \frac{1}{k} \cdot F
\end{aligned}
$$

P-Glied elektrisch



Maschenregel:

$$\sum_i u_i = 0$$
$$u_{\mathrm{Ver}} - u_{\mathrm{R}} = 0$$
$$u_{\mathrm{Ver}} - \mathrm{R} \cdot i = 0$$
$$i = \frac{1}{R} \cdot u_{\mathrm{Ver}}$$

P-Glied laut Norm

DIN ICE 60050-351

Proportionalglied, P-Glied

lineares zeitinvariantes Übertragungsglied, bei dem die Änderung der Ausgangsgröße proportional der zugehörigen Änderung der Eingangsgröße ist.
Die Übertragungsfunktion eines Proportionalgliedes ist gegeben durch

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = K_P.$$

Dabei ist: K_P der Proportionalbeiwert; s die Bildvariable für die Laplace-Transformation; $U(s)$ die Transformierte der Eingangsgröße; $V(s)$ die Transformierte der Ausgangsgröße.

P-Glied laut Norm $\longrightarrow$ CLIL

DIN ICE 60050-351

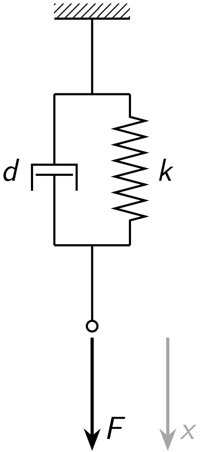
proportional element

linear time-invariant transfer element the variation of the output variable of which is proportional to the corresponding variation of the input variable.
The transfer function of a P element is given as

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = K_P.$$

where K_P is the proportional action coefficient; s is the complex variable of the Laplace transform; $U(s)$ is the input transform; $V(s)$ is the output transform.

P-T_1-Glied mechanisch



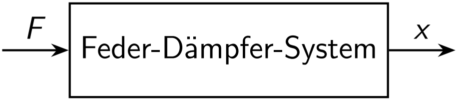
Kräftegleichgewicht

$$\sum_i F_i = 0$$

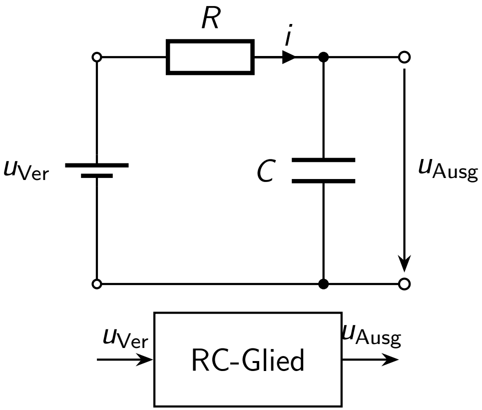
$$F - F_\mathrm{D} - F_\mathrm{F} = 0$$

$$F - d \cdot \dot{x} - k \cdot x = 0$$

$$\dot{x} \cdot \frac{d}{k} + x = \frac{1}{k} \cdot F$$



P-T$_1$-Glied elektrisch



Maschenregel

$$\sum_i u_i = 0$$

$$u_{\mathrm{Ver}} - u_{\mathrm{R}} - u_{\mathrm{C}} = 0$$

und mit $u_{\mathrm{Ausg}} = u_{\mathrm{C}}$, $u_{\mathrm{R}} = i \cdot R$ und $i = C\frac{\mathrm{d}u_{\mathrm{C}}}{\mathrm{d}t}$

$$\dot{u}_{\mathrm{C}} \cdot RC + u_{\mathrm{C}} = u_{\mathrm{Ver}}.$$

P-T_1-Glied laut Norm

DIN ICE 60050-351

P-T_1-Glied

lineares zeitinvariantes Übertragungslied, dessen Übertragungsfunktion genau einen reellen negativen Pol und keine Nullstelle besitzt.
Die Übertragungsfunktion eines Verzögerungsgliedes erster Ordnung ist gegeben durch

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{K_P}{1 + T_1 \cdot s}$$

Dabei ist: K_P der Proportionalbeiwert; T_1 die Verzögerungszeit bzw. Zeitkonstante; s die Bildvariable für die Laplace-Transformation; $U(s)$ die Transformierte der Eingangsgröße; $V(s)$ die Transformierte der Ausgangsgröße.

P-T_1-Glied laut Norm $\longrightarrow$ CLIL

DIN ICE 60050-351

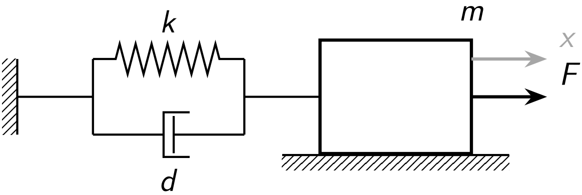
first-order lag element

linear time-invariant transfer element the transfer function of which has exactly one real-value negative pole and no zero.
The transfer function of a first-order lag element is given as

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{K_P}{1 + T_1 \cdot s}$$

where K_P is the proportional action coefficient; T_1 is the time constant; s is the complex variable of the Laplace transform; $U(s)$ is the input transform; $V(s)$ is the output transform.

P-T_2-Glied mechanisch



Schwerpunktsatz

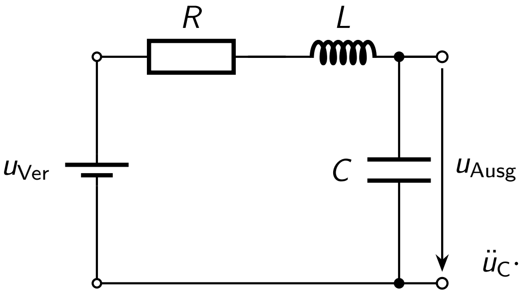
$$\sum_i F_i = m \cdot a$$

$$F - F_\mathrm{D} - F_\mathrm{F} = m \cdot \ddot{x}$$

$$F - d \cdot \dot{x} - k \cdot x = m \cdot \ddot{x}$$

$$\ddot{x} \cdot \frac{m}{k} + \dot{x} \cdot \frac{d}{k} + x = \frac{1}{k} \cdot F$$

P-T$_2$-Glied elektrisch



$$\ddot{u}_C \cdot LC + \dot{u}_C \cdot RC + u_C = u_{\text{Ver}}.$$

P-T$_2$-Glied laut Norm

DIN ICE 60050-351

P-T$_2$-Glied

lineares zeitinvariantes Übertragungslied, dessen Übertragungsfunktion genau zwei Pole mit negativem Realteil, die reell oder konjugiert komplex sein können, und keine Nullstellen besitzt. Die Übertragungsfunktion eines Verzögerungsgliedes zweiter Ordnung ist gegeben durch

für zwei reelle Pole

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{K_P}{(1 + T_1 \cdot s) \cdot (1 + T_1 \cdot s)}$$

für ein konjugiert komplexes Polpaar

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{K_P}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + 2 \cdot \vartheta \cdot \frac{s}{\omega_0} + 1}.$$

Dabei ist K_P der Proportionalbeiwert; T_1, T_2 die Zeitkonstanten; ϑ der Dämpfungsgrad; ω_0 die Kennkreisfrequenz; s die Bildvariable für die Laplace-Transformation; $U(s)$ die Transformierte der Eingangsgröße; $V(s)$ die Transformierte der Ausgangsgröße.

P-T_2-Glied laut Norm $\longrightarrow$ CLIL

DIN ICE 60050-351

second-order lag element

linear time-invariant transfer element the transfer function of which has exactly two poles with negative real parts which may be real or complex conjugate and no zeros.

The transfer function of a second-order lag element is given as

for two real poles

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{K_P}{(1 + T_1 \cdot s) \cdot (1 + T_1 \cdot s)}$$

for a complex conjugate pair of poles

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{K_P}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + 2 \cdot \vartheta \cdot \frac{s}{\omega_0} + 1}.$$

where K_P is the proportional action coefficient; T_1, T_2 are the time constants; ϑ is the damping ratio; ω_0 is the characteristic angular frequency; s is the complex variable of the Laplace transform; $U(s)$ is the input transform; $V(s)$ is the output transform.

Lösung von DGLn im Zeitbereich

Aufschreiben der homogenen DGL

Bestimmung der charakteristischen Gleichung

Lösung der charakteristischen Gleichung berechnen

Aufschreiben der homogenen Lösung

Hinzufügen der partikulären Lösung

Bestimmung der Integrationskonstanten mit Hilfe der Anfangsbedingungen

Laplacetransformation

Eine Funktion $f(t)$ heißt Laplace-transformierbar, wenn das uneigentliche Integral

$$F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\} := \int_0^\infty \mathrm{e}^{-st} f(t) \mathrm{d}t$$

für ein $s \in \mathbb{R}$ konvergiert.

$f(t) = \mathrm{e}^{\omega t}$

	$f(t) = \mathrm{e}^{\omega t}$	$F(s) = \frac{1}{s-\omega}$
$\omega = 0$	1	$\frac{1}{s}$
$\omega = k$	e^{kt}	$\frac{1}{s-k}$
$\omega = \mathrm{i}\omega$	$\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t}$	$\frac{s}{s^2+\omega^2} + \mathrm{i}\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$

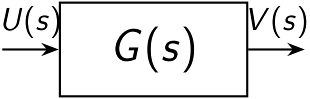
Laplacetransformation

DGL (Zeitbereich)

$$a_n v^{(n)}(t) + a_{n-1} v^{(n-1)}(t) + \cdots + a_1 \dot{v} + a_0 v =$$
$$b_m u^{(m)}(t) + b_{m-1} u^{(m-1)}(t) + \cdots + b_1 \dot{u} + b_0 u$$

Übertragungsfunktion (Bildbereich)

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \cdots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \ldots a_1 s + a_0}$$



Regler

$$y(t) = K_P \left(e + \frac{1}{T_N} \int_0^{\mathrm{t}} e \mathrm{d}t + T_V \frac{\mathrm{d}e}{\mathrm{d}t} \right)$$

$$Y(s) = K_P \left(E + \frac{1}{T_N \cdot s} E + T_V s E \right)$$

Reglerverstärkung K_{PR}
Nachstellzeit T_N
Vorhaltezeit T_V

Wie finde ich “gute” Reglerparameter?