

Bild 5-2: Störübergangsfunktionen und dazugehörige Stellgrößenverläufe des Regelkreises nach Bild 5-1

gen konstant gehalten werden. Die Regelstrecke soll sich durch die Übertragungsfunktion

$$G_S = \frac{K_S}{(1 + sT)^3} \quad (5.5)$$

beschreiben lassen, d. h. es handelt sich um ein Verzögerungsglied dritter Ordnung (PT_3). Durch geeignete Normierung ist $K_S = 1$. Die Störgröße z soll sich sprungförmig ändern. Als Regler können P -, I -, PI -, PD - und PID -Regler eingesetzt werden.

Bild 5-5 zeigt Übergangsfunktionen des Regelkreises für eine (sprungförmige) Störung und P -Regler mit unterschiedlichen Übertragungsfaktoren des Reglers K_R .

Man erkennt, dass mit wachsendem K_R die Störung schneller und mit geringerem bleibendem Fehler ausgeglichen wird, aber auch, dass der

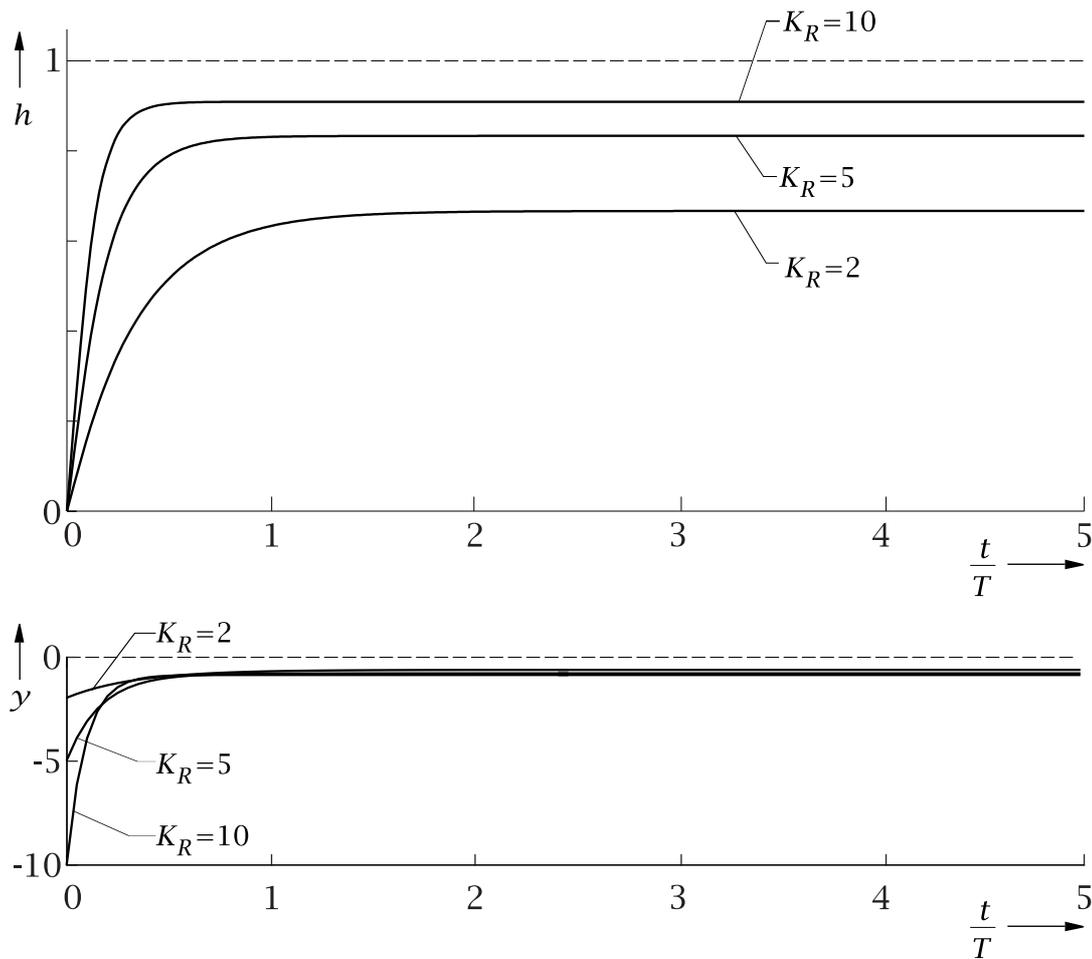


Bild 5-3: Führungsübergangsfunktionen und dazugehörige Stellgrößenverläufe des Regelkreises nach Bild 5-1

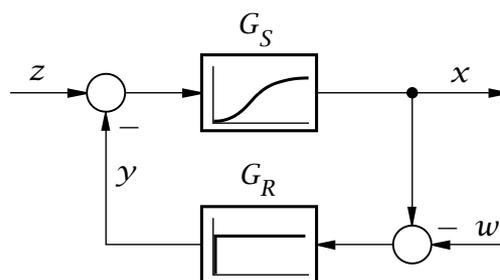


Bild 5-4: Regelkreis

Regelkreis für $K_R = 8$ Dauerschwingungen und für noch größere K_R aufklingende Schwingungen ausführt. Daraus folgt u.a., dass größere

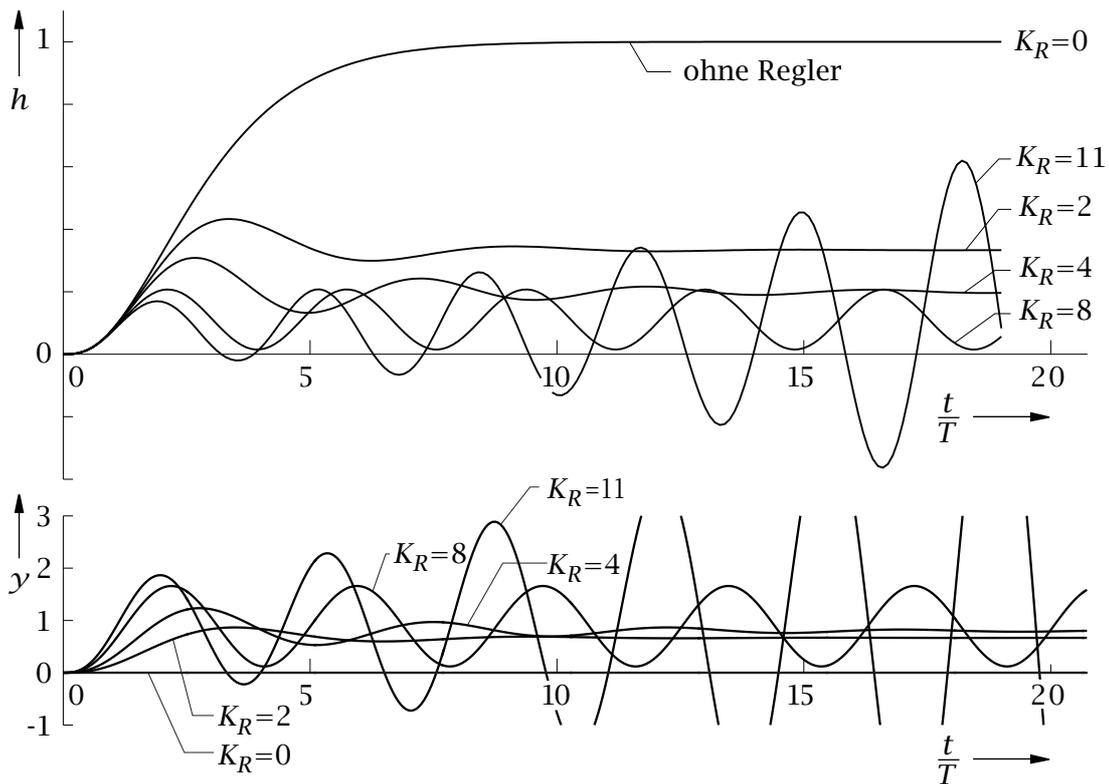


Bild 5-5: Störübergangsfunktionen und dazugehörige Stellgrößenverläufe des Regelkreises nach Bild 5-4 mit P -Regler

K_R als etwa 4 in diesem Regelkreis praktisch sinnlos sind und daraus, dass eine bleibende Regelabweichung

$$h(t \rightarrow \infty) = G_z(s \rightarrow 0) = \frac{K_S}{1 + K_S K_R} = \frac{1}{1 + 4} = 0,2 \quad (5.6)$$

von etwa 20% der Abweichung ohne Regelung nicht unterschritten werden kann. Dieser Wert ist für sehr viele Anwendungsfälle entschieden zu groß.

Bleibende Regelabweichungen kann man mit I -Reglern vermeiden, wie bereits in Abschnitt 2.3 gezeigt wurde. Bild 5-6 zeigt, wie sich der Regelkreis mit einem solchen Regler verhält. Man erkennt, dass die Regelvorgänge wesentlich langsamer ablaufen als bei der Regelung mit P -Regler und dass auch der Regelkreis mit I -Regler bei größeren Werten des Reglerbeiwertes K_I zu Schwingungen neigt.

Dass der PI -Regler in einem gewissen Maße die positiven Eigenschaften des P - und des I -Reglers vereinigt, zeigt Bild 5-7 mit der Störüber-

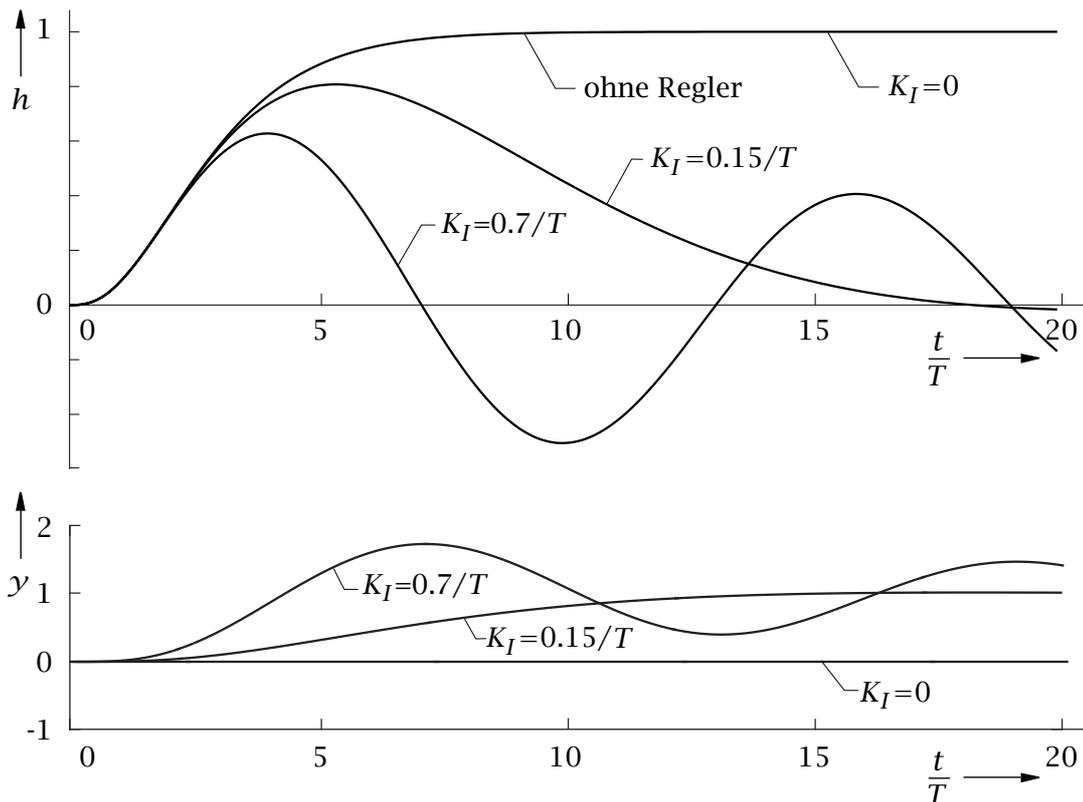


Bild 5-6: Störübergangsfunktionen und dazugehörige Stellgrößenverläufe des Regelkreises nach Bild 5-4 mit I -Regler

gangsfunktion des Regelkreises mit einem PI -Regler mit $K_R = 2$ und $K_I = 0,7/T$ entsprechend einer Nachstellzeit $T_n = 2,9T$. Eine weitere wesentliche Verbesserung lässt sich, wie zu sehen ist, mit einem PID -Regler erzielen.

Die Auswirkungen eines differenzierenden Anteils im Regler zeigt auch Bild 5-8 mit den Störübergangsfunktionen des Regelkreises mit PD -Regler. Ein Vergleich mit Bild 5-5 zeigt, dass infolge des D -Anteils im Regler wesentlich größere K_R -Werte eingestellt werden können, ohne dass die Regelgröße unzulässig schwingt.

Das Verhalten des Regelkreises bei sprungförmigen Änderungen der Führungsgröße ist in Bild 5-9 für Regelung mit P - und PI -Regler dargestellt. Man erkennt, dass mit P -Regler mit dem größten praktisch zulässigen K_R die Regelgröße vom Sollwert eins noch erheblich abweicht und dass die für das Ausregeln von Störungen in Bild 5-7 recht güns-

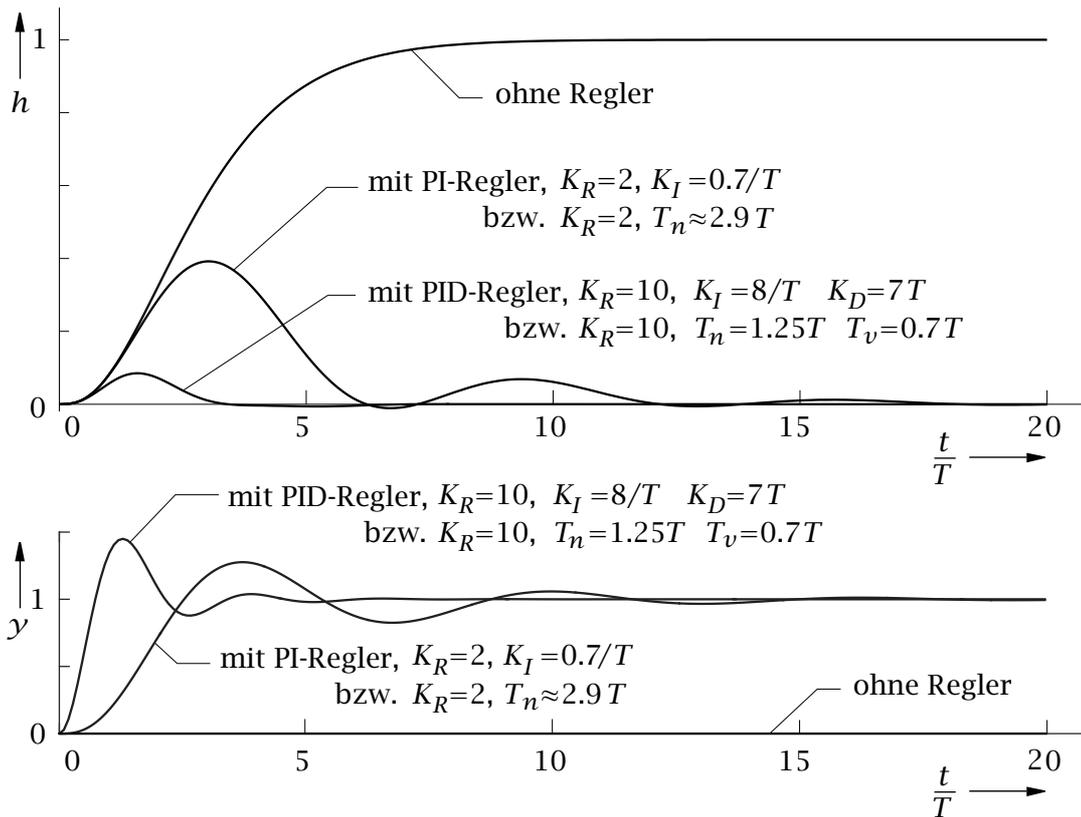


Bild 5-7: Störübergangsfunktionen und dazugehörige Stellgrößenverläufe des Regelkreises nach Bild 5-4 mit *PI*- und *PID*-Regler

tig erscheinende Einstellung des *PI*-Reglers hier zu erheblichem Überschwingen der Regelgröße über den gewünschten Wert hinaus führt.

Als letztes Beispiel sollen Folgeregelungen mit einem integrierenden Regler oder einem integrierenden Stellmotor behandelt werden. Zwar können als Folgeregelungen grundsätzlich alle Regelungssysteme mit veränderlicher Führungsgröße bezeichnet werden, doch sollen hier nur solche in Betracht gezogen werden, bei denen die Forderung nach möglichst kleinem Fehler bei Änderungen der Führungsgröße solches Gewicht hat, dass ihr alle anderen untergeordnet werden. Sehr einfache Folgesysteme können (Bild 5-10) durch einen Integrierer und eine Rückführung mit dem Übertragungsfaktor eins dargestellt werden.

Wegen

$$\dot{x} = K_I \cdot e = K_I \cdot (w - x) \quad (5.7)$$

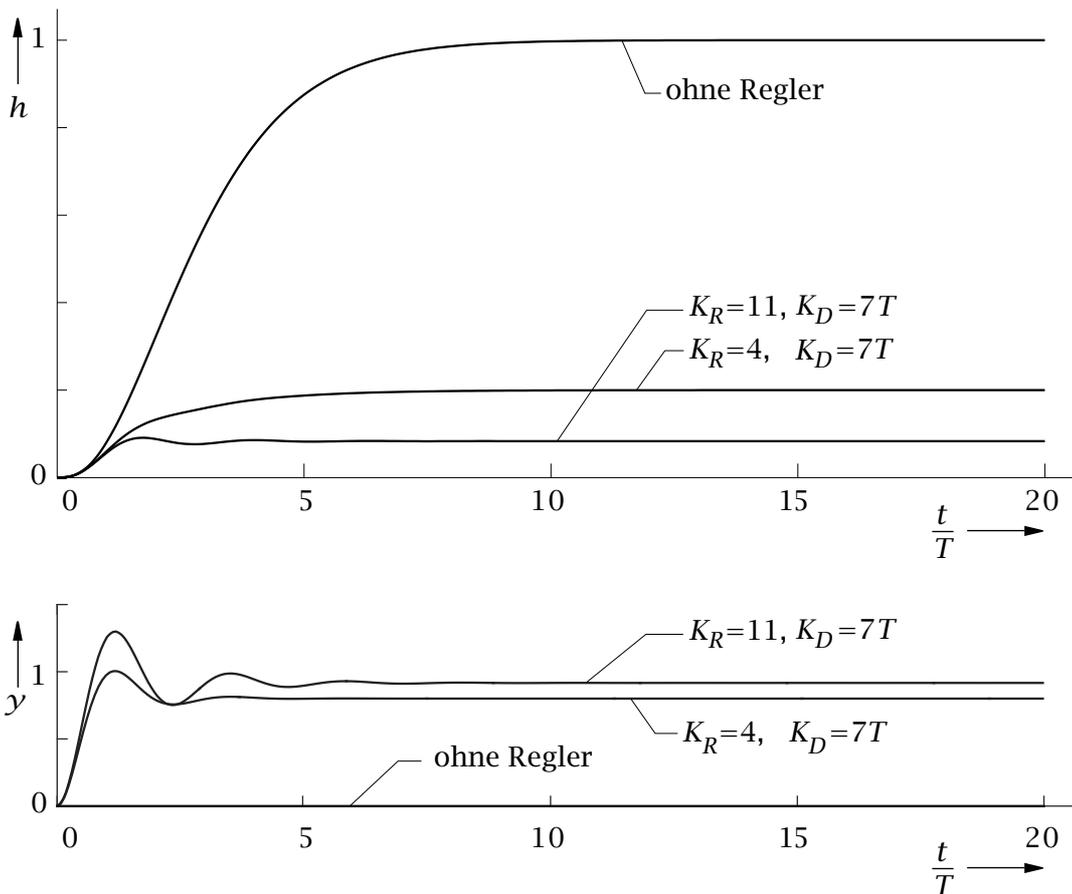


Bild 5-8: Störübergangsfunktionen und dazugehörige Stellgrößenverläufe des Regelkreises nach Bild 5-4 mit PD -Regler

gilt für den Zusammenhang zwischen Führungs- und Regelgröße

$$\frac{1}{K_I} \cdot \dot{x} + x = w \quad , \quad (5.8)$$

d. h. diese Folgeregelung verhält sich wie ein Verzögerungsglied erster Ordnung mit der Zeitkonstanten $1/K_I = T$ und dem Übertragungsfaktor eins.

Eine häufig benutzte Kenngröße für dynamische Eigenschaften solcher Folgeregelungen ist der Geschwindigkeitsfehler. Er entsteht dann, wenn die Führungsgröße in Form einer Rampe verändert wird. Als Kennwert wird der Fehler benutzt, der sich nach Abklingen des Anlaufvorganges einstellt (Bild 5-11). Der Geschwindigkeitsfehler ist daher ein konstanter Wert, der im vorliegenden einfachen Fall nur vom Beiwert K_I des Integrierers und der Steigung A der Rampe abhängt.

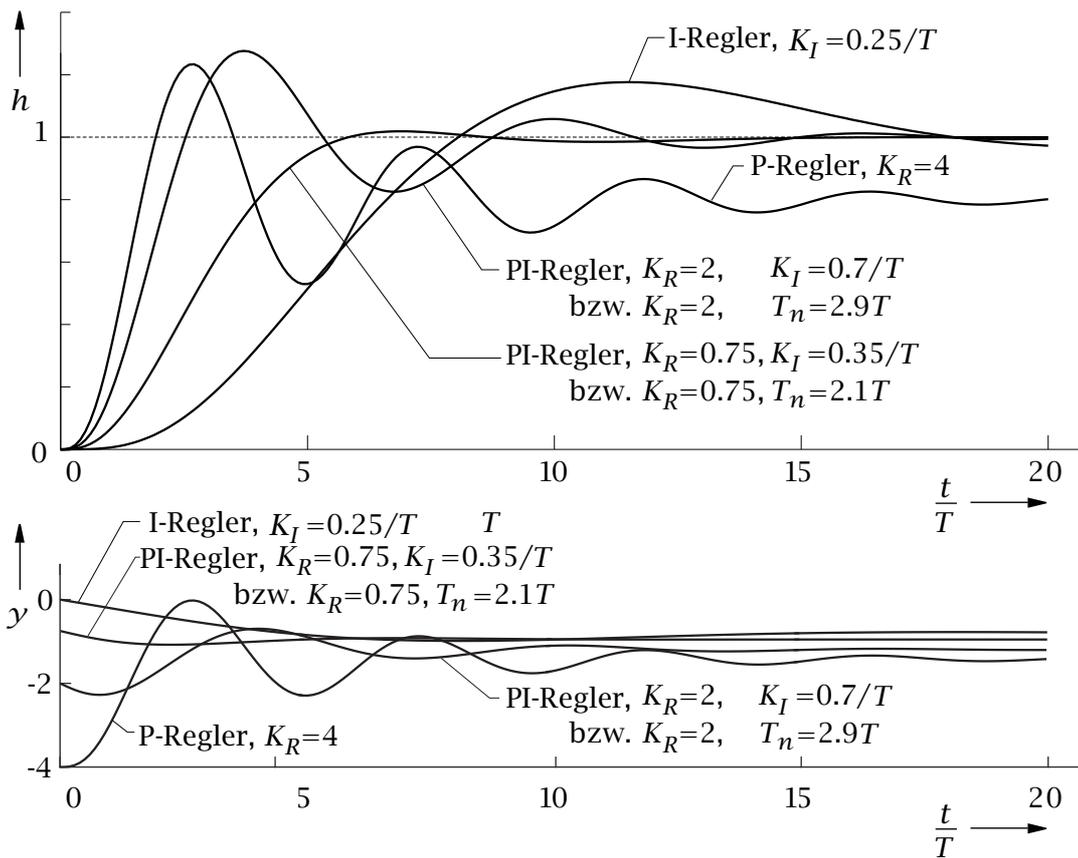


Bild 5-9: Führungsübergangsfunktionen und dazugehörige Stellgrößenverläufe des Regelkreises nach Bild 5-4 mit P-, I- und PI-Regler

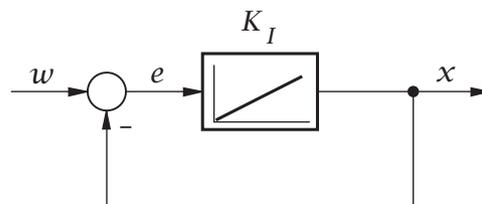


Bild 5-10: Einfachste Folgeregelung

Da für große Werte der Zeit t Führungsgröße und Regelgröße parallel zueinander, d. h. mit gleicher Steigung verlaufen, ist

$$\dot{x}_\infty = \dot{w} = A \quad . \quad (5.9)$$

Wegen des Integrierers ist immer

$$\dot{x} = K_I \cdot e \quad (5.10)$$