

Geld und Nerven schonen

PID-Optimierungshilfe für den Praktiker vor Ort

KLAUS VOGELI

Alltag in der Regelungspraxis: Die Anlage steht beim Endkunden. Die Energieversorgung ist betriebsbereit, die Steuerungsabläufe sind klar, die Messstellen liefern plausible Werte, die Stellventile, -klappen, -motoren arbeiten korrekt und in die richtige Richtung, die elektrische Verbindungen sind überprüft, die vorgesehenen Regelkreise stehen im Handbetrieb in Grundstellung. Kurzum: Alles scheint bestens vorbereitet zu sein zur Heißenbetriebnahme. Nur die Prozessregler müssen noch optimiert werden, aber dass sollte kein Problem sein, oder doch?

Und dann passiert es wie in diesem Beispiel aus der Praxis: Mit Erschrecken stellt man fest, dass die den Reglern mitgegebenen (halb)automatischen Optimierungs- oder Selbsteinstellungsverfahren in diesem Fall offensichtlich keine optimalen PID-Regelparameter ermitteln können, vorzeitig abbrechen oder gänzlich unpassende Parameter liefern. Für die Produktqualität wichtige Prozessvariablen können daher nicht oder nur allmählich stabilisiert werden. Jede Änderung im Prozess (Last, Sollwert, Störung) führt zur Destabilisierung. Die Not ist groß, denn der Starttermin zur regulären Produktion steht unverrückbar fest! Aber was tun, außer die Anlage in Hand zu fahren?

Erfahrungswerte liegen nicht vor oder sind nicht auf diese Anlage übertragbar. Für eine zeitraubende und langwierige Optimierung von Hand fehlt bei trägen Prozessen schlicht die erforderliche Zeit und oft auch die nötige Erfahrung. Die Folge sind hohe Inbetriebnahmekosten und erheblicher Zeitverzug verbunden mit Imageverlust und Stress bei allen Beteiligten, von drohenden Konventionalstrafen ganz zu schweigen: Für den Betreiber, der nicht termingerecht mit geplanter Qualität produzieren kann; für den Lieferanten, der die Abnahme nicht erhält und auf Zahlungen warten muss; und schließlich auch für den Inbetriebnehmer, der es nun unter hohem Erwartungsdruck richten soll – ein Horrorszenario, dass durch große Entfernungen nach Übersee in ande-

ren Zeitzonen, verbunden mit sprachlichen und kulturellen Schwierigkeiten durchaus noch steuerbar ist.

Markt-Ursachen und -Aufforderung

Nicht selten ist die vorgefundene Prozessdynamik konstruktionsbedingt, wie z.B. Messwertverfälschung durch ungünstig platzierte Sensoren, zusätzliche Verzugs- (Tot-)zeiten im Regelkreis durch falschen Einbauort von Sensoren, unzureichendes Regelungskonzept (Festwert- statt Kaskadenregelung oder Alternativen) oder Unlinearitäten durch zu klein/groß ausgelegte Stellventile oder unpassende Wahl der Kennlinie (gleichprozentig/linear).

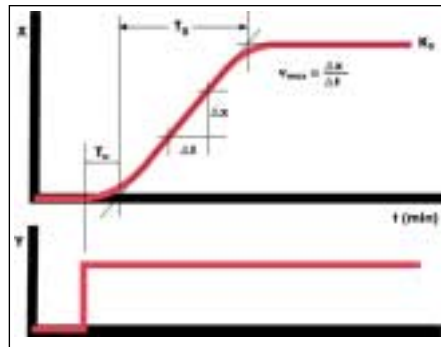


Bild 1: Charakteristische Kenngrößen der Regelstrecke: T_d , T_g und V_{max}

Würden Mess- und Regeltechniker frühzeitig in Planung und Entwurf einbezogen, dann könnten z.B. Kaskadenregelungen oder andere geeignete Strategien und Abläufe vorgesehen und so schwer regelbare Prozesse in „leicht beherrschbare Fälle“



Bild 2: Rückschluss auf die Streckenordnung (nach V. Strej)



Halle 7A - Stand 318

überführt werden. Aber das bedeutet andererseits eben auch erhebliche Mehrinvestitionen für zusätzliche Messstellen, was gerade in der heutigen Zeit eine nur schwer überwindbare Hemmschwelle darstellt.

Was auch immer die Gründe für ungünstige dynamische Prozesseigenschaften sein mögen, für grundsätzliche Umbauten ist es jetzt zu spät. Die Anlage muss zum Laufen gebracht werden – wie auch immer, denn der Endtermin steht! Es wird sich auch in Zukunft nicht vermeiden lassen, dass es immer wieder zu solchen schier unerträglichen Horrorszenarien kommt. Daher ist der Wunsch der Anwender an Reglerhersteller verständlich, ein integriertes, ohne nennenswerte Vorkenntnisse einfach zu handhabendes Universal-Genie zur Selbstfindung der nötigen Regelparameter mitzuliefern, das schnell zu Ergebnissen führt und unter möglichst allen Gegebenheiten ein Optimum verlässlich findet. Nur konnte dieser Traum bisher noch nicht Wirklichkeit werden.

Die Sicht der Reglerhersteller

Für Reglerhersteller bedeutet dies, dass Selbstoptimierungsverfahren auf eine breitere Prozessklasse als bisher zuverlässig anwendbar sein müssen, da nahezu jeder Prozess andere dynamische Eigenschaften aufweist, die eben nicht vorhersehbar sind. Aber da erhebt sich ein Problem.

Industrie- und Prozessregler sind prinzipiell für einen breitbandigen Einsatz ausgelegt, würde man nur die optimalen PID-Parameter schnell und sicher finden können. Zur Erleichterung dieses Vorganges haben die meisten Hersteller auf ihre Zielapplikationen ausgerichtete Optimierungsverfahren entwickelt, die entweder auf dem Schwingversuch nach Ziegler & Nichols beruhen (ZN; kritische Verstärkung $K_{p,krit}$ und kritische Periodendauer der Schwingung T_{krit}), oder die Streckenkennwerte (CHR; Verzugszeit T_d , Ausgleichzeit T_g , Streckenverstärkung K_p) aus der Sprungantwort nach Chien, Hrones & Reswick verwenden, um daraus für ihre oft gerätetypischen Optimierungskriterien mittels linearer Gleichungen geeignete Regelparameter zu berechnen (Bild 4).

Die aus dem Testversuch eines der genannten Verfahren ermittelten charakteristischen Kenngrößen (Bild 1) der Regelstrecke mit den Rechenvorschriften für PID-Parameter ergibt für Regelstrecken bis 2. Ordnung ($T_g/T_d \approx 10$; Ersatzmodell mit

zwei Energie-/Massenspeichern gleicher Zeitkonstante) sehr gute und bis 3. Ordnung ($T_g/T_u \approx 4,5$) einigermaßen befriedigende Regelergebnisse. Darüber hinaus jedoch tritt zunehmende Schwingneigung bei hoher Stellgrößenaktivität (Verschleiß!) auf, was langwierige Nachoptimierungen von Hand erforderlich macht. Daher heißt es im Allgemeinen, dass Strecken mit

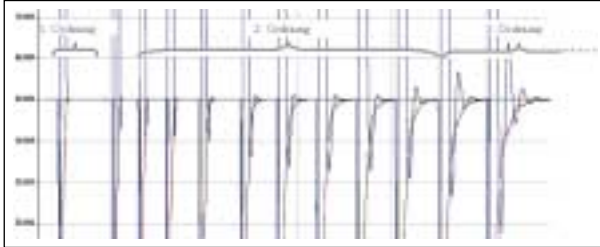


Bild 3: Verfügbare Optimierungs-Methoden an gut regelbaren Strecken (Istwert- und Stellwertverlauf)

$T_g/T_u < 10$ schwer regelbar sind. Strecken mit $T_g/T_u < 3$ (≥ 4 . Ordnung) gelten mit PID-Reglern als nicht mehr regelbar, und es wird die regelungstechnische Trennung in gut beherrschbare Teilstrecken (Kaskadenregelung) bzw. die Anwendung anderer Strategien empfohlen.

So weit, so gut. Für die Reglerhersteller ist die Welt insofern in Ordnung, als dass etwa 90% ihrer Hauptanwendungsgebiete mit den verfügbaren Methoden zufrieden stellend optimiert werden können und darüber hinaus andere Konzepte vorgesehen werden müssen. Für die Anwender bedeutet dies allerdings höhere Investitionen und vor dem Hintergrund des beschriebenen Szenarios vor allem keine Lösung. Und auch die Reglerhersteller sind nicht wirklich zufrieden mit der Situation, denn in der Regel werden sie im Notfall um Schützenhilfe zur Rettung aus der Not angefragt und können dann leider nur das bereits gesagte wiederholen. Hier ist Soforthilfe vor Ort angesagt.

Auswege in Sicht ?

Schwer regelbare Strecken sind eben doch nicht so selten, wie man annehmen sollte. Hersteller von Thermprozessen aller Art, Öfen, Gießereianlagen, Druck- und Durchflussmessungen, usw. wissen ein Lied davon zu singen. Und dass solche Strecken mit PID nicht mehr regelbar sind, darf zudem bezweifelt werden. Zumindest in der „PC-gestützten Simulation im Turbo-Mo-

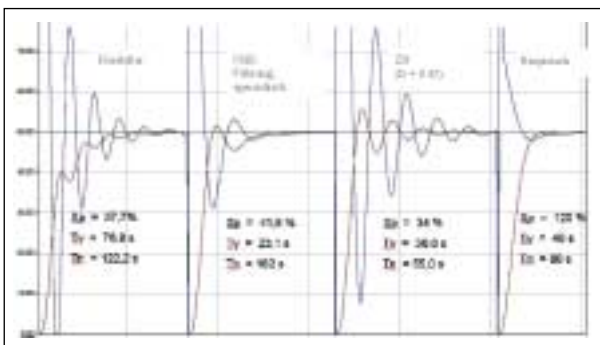


Bild 4: ZN, CHR und abgewandelte Methoden im Vergleich an Strecke 3. Ordnung (Istwert- und Stellwertverlauf; Reglerstruktur: Seriell)

„dus“ lassen sich auch für totzeitdominante Strecken optimale PID-Parameter im Zeitraster empirisch finden, die dynamisch stabile Regelergebnisse (z. B. aperiodischer Übergang bei Störung und Führung) bewirken. Dafür ist jedoch in der Praxis bei extrem trägen Prozessen verständlicherweise keine Zeit.

PMA bringt als Lösung das PC-gestützte Optimierungswerkzeug PMA-Tune auf den Markt, das – basierend auf einem Impulsversuch – robuste, optimale Regelparameter für Führungs- und Störverhalten über eine breite Klasse von Prozessen berechnet: Von gut regelbaren bis hin zu totzeitdominanten Strecken beliebiger Ordnung. Und so geht es: Den Laptop über die Frontansicht des PMA-Reglers an-

koppeln, den Prozess stabilisieren (Handbetrieb) und die Optimierung starten. Von der Streckenidentifizierung bis hin zur sicheren Vorgabe der optimalen Regelparameter wird eine robuste und zuverlässige Parametrierung vorgenommen: Geringes Überschwingen und ohne Dauerschwingen der Regelgröße – stabil auf den gewünschten Sollwert bei ruhigem Stellwertverlauf. Und wichtig für die Praxis ist, dass langsames Driften des Istwertes während des Adaptionsversuches den Vorgang nicht behindert. Die Adaption kann sowohl beim Anfahren als auch am Sollwert durchgeführt werden. Die Richtung der Anregung ist wählbar. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um Strecken mit oder ohne Ausgleich handelt. Unterstützt werden 2-Punkt, 3-Punkt Heizen/Kühlen, Motorschritt und Stetige Regler.

Der Anwender wählt die Bandbreite der gewünschten Regeldynamik vor: Langsam ($< 5\%$ einmaliges Überschwingen möglich), Normal ($< 10\%$), oder Schnell ($< 20\%$), für die die optimalen Parameter gleichzeitig ohne Versuchswiederholung berechnet werden. Die Auswahl kann nachträglich noch erfolgen. Die Auslenkung des Prozesses wird durch die Impulshöhe sowie den Abschaltzeitpunkt (Abweichung des Istwertes) festgelegt. Die neuen Regelparameter werden auf Knopfdruck an den Regler übertragen – und der Vorgang ist fertig. Das Verfahren ist nicht anwendbar auf Prozesse mit ausgeprägtem Allpassverhalten (gegenläufige Reaktion des Istwertes) sowie auf schwingende Strecken. Auch das PMATune Verfahren basiert wie das von ZN oder CHR auf einem Versuch, leitet aber aus den daraus gewonnenen Informatio-

nen mathematisch exakt die optimalen Regelparameter ab mit dem Ziel, das gewählte Optimierungskriterium auch unter widrigen Umständen zu erfüllen.

Das einzig verfügbare Medium

Der Praktiker vor Ort erhält eine PC-gestützte Möglichkeit, mit nur einem einzigen Versuch in kurzer Zeit sichere Regelparameter für beliebige Streckenordnungen (Bild 2) zu ermitteln, die ein stabiles, vorhersagbares Regelverhalten erzeugen und durch Robustheit auch Streckenvarianz im laufenden Betrieb tolerieren. Robust bedeutet auch, dass zumindest in der gefundenen Proportionalverstärkung K_p (X_p) des Reglers noch Reserven vermutet werden können. Wie sonst sollte wohl ein bereits „scharf an der Grenze“ eingestellter Regler bei z. B. Totzeitvarianz noch stabile Verhältnisse garantieren können. Das heißt aber auch, dass mit dem Optimierungswerkzeug zumindest die als gut regelbar geltenden Strecken nicht besser optimiert werden können, als dies die bisher bekannten PMA-Verfahren sowie die anderer Hersteller seit langem erfolgreich tun. Für das Gros zu regelnder Prozesse ist hier nichts zu verbessern (Anregelzeit, Ausregelzeit, aperiodischer Übergang, ...).

Vorteile machen sich jedoch ab Strecken 3. Ordnung bemerkbar, wobei die extrem geringe, schonende Stellgrößenaktivität besonders zu erwähnen ist. Weiterhin ist festzustellen, dass schwer regelbare Pro-

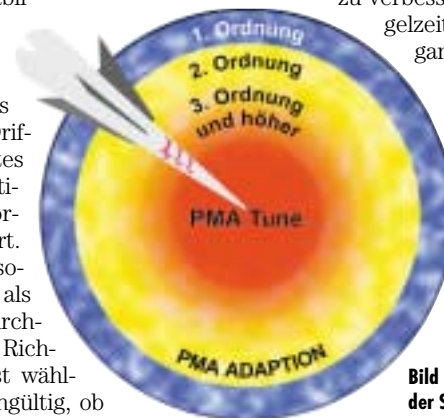


Bild 5: Mit zunehmender Ordnung der Strecke wird es schwieriger, den Punkt zu treffen

zesse natürlich nicht mit einem einzigen, wenn auch optimal mit dem Werkzeug eingestellten PID-Regler dynamisch besser geregelt werden können, als dies eine (Mehrfach) Kaskade zu Wege bringen würde. Ebenso bedeutet es nicht, dass höhere Algorithmen wie z. B. MBPR (Modellbasierte Prädiktive Regler) überflüssig wären. Aber bis diese ihren Weg in bezahlbare und für jedermann handhabbare Produkte gefunden haben werden, ist der PID-Regler eben doch noch das einzig verfügbare Medium – auch für besonders schwere Fälle, wenn es denn richtig eingestellt ist.

Die Verkürzung der Inbetriebnahme um auch nur eine Woche bedeutet für alle Beteiligten viel Geld, von den Nerven einmal abgesehen. Der Prozess jedenfalls läuft dann erst mal akzeptabel, und es ist viel Zeit für nachträgliche konstruktive, konzeptionelle Verbesserungen gewonnen, falls es dann noch erforderlich sein sollte.

PMA

737

Klaus Vogelei ist Produktmanager Regler und Komponenten zur Prozessautomatisierung bei der PMA GmbH in Kassel