

Tipps für die Praxis

Simulationen als Werkzeug zur Prozessoptimierung

Um komplexe Produktionsprozesse zu verbessern, müssen Entscheidungen über geeignete Maßnahmen getroffen werden. Simulationen können helfen, um Auswirkungen von Prozessveränderungen oder einer veränderten Prozessführung zu untersuchen und damit die besten Maßnahmen auszuwählen.

Wenn ein komplexer Produktionsprozess energetisch und prozesstechnisch optimiert werden soll, dann ist dabei eine Vielzahl von Faktoren wie beispielsweise der Schutz vorhandener Investitionen sowie Einhaltung geforderter Produktqualitäten und Produktdurchsätze zu berücksichtigen.

Als Maßnahmen kommen grundsätzlich folgende zwei Gruppen in Betracht:

- Maßnahmen mit Prozessveränderung (z. B. Umbauten, Erweiterungen der bestehenden Anlagen, Einbau effizienterer Aggregate) und
- Maßnahmen zur Änderung der Prozessführung (z. B. optimierte Regelungsstrategien, Verschiebung von Betriebspunkten).

Erstere sind oft mit sehr hohen Investitionen verbunden, bieten jedoch auch ein hohes Potenzial für Verbesserungen. Die zweite Kategorie wird oft unterschätzt. Sie nutzt die vorhandene Infrastruktur und Anlagentechnik effektiver aus und betreibt sie z.B. an günstigeren Betriebspunkten und ermöglicht durch relativ geringe Investitionen beispielsweise die Reduktion von Emissionen und Energieverbrauch. So kann durch Optimierung von Regelungsparametern der Übergang zwischen Betriebszuständen erheblich verbessert werden. Durch den Einsatz von modernen Online-Prozessoptimierungen kann eine stets bestmögliche Prozessführung erreicht werden.

Um die Maßnahmen herauszuarbeiten, die als erste angegangen werden sollten, kann mit einer klassischen Prioritäten-Matrix gearbeitet werden. In ihr werden die Maßnahmen in Relation zu

den erwarteten Verbesserungen und den Kosten der Maßnahme gesetzt. Kostengünstige Maßnahmen mit hohem Verbesserungspotenzial sind entsprechend mit hoher Priorität anzugehen.

Um die zu erwartenden Verbesserungen abschätzen zu können, werden typischerweise Prozesssimulationen durchgeführt. Diese liefern einen zeitlichen Verlauf von Prozessgrößen auf Basis eines mathematischen Prozessmodells. An solchen Prozessmodellen können Auswirkungen von Veränderungen am Prozess analysiert werden. So können beispielsweise die Effekte der Einführung von neuen Wärmerückgewinnungsstufen begutachtet werden. Analysen des zeitlichen Prozessverhaltens ermöglichen die Identifikation von Spitzen im Energieverbrauch oder bei Emissionen. Ein Prozessmodell kann gleichzeitig als Grundlage für eine Online-Prozessoptimierung genutzt werden.

Kostenfunktion

Um die Verbesserungen objektiv vergleichen zu können, empfiehlt sich die Definition eines Benchmarks als Gradmesser für alle Verbesserungsmaßnahmen. Dieser Benchmark beschreibt und bestimmt damit gleichzeitig das Optimierungsziel und wird oft als eine Kostenfunktion mit verschiedenen Anteilen formuliert werden, in die sowohl ökonomische (Rohstoffkosten, Produktpreise, Entsorgungskosten etc.) als auch ökologische Gesichtspunkte (Emissionen etc.) eingehen.

Simulationsmodell

Um valide Simulationsergebnisse zu erzeugen, muss für den betrachteten Prozess ein entsprechend genaues Prozessmodell erstellt werden. Das lässt sich typischerweise dadurch erreichen, dass man an der realen Anlage bzw. deren Komponenten Messdaten aufzeichnet und diese Messdaten (bzw. extrahierte Kennlinien und Anlagenparameter) als Parameter in die Simulationsmodelle einfließen lässt oder zu deren Kalibrierung nutzt. Damit ist sichergestellt, dass die Simulationsergebnisse möglichst nah an den später realisierbaren Prozesswerten liegen. Als Grundlage für die Prozessmodelle sollten fertige

Bibliotheken mit Prozesskomponenten genutzt werden, um den Modellierungsaufwand gering zu halten.

Der Rahmen für ein Prozessmodell sollte den gesamten zu optimierenden Prozessteil mit seinen relevanten Prozesskomponenten abbilden. Für eine Optimierung des Energieverbrauches sollten alle Energieverbraucher inklusive aller Nebenaggregate (Balance-of-Plant) in die Betrachtung einbezogen werden. Es sollte darauf Wert gelegt werden, eine zeitlich dynamische Simulation aufzubauen, da erst durch einen zeitlichen Verlauf eine hinreichend genaue Abbildung der oft nicht-stationären Prozesse ermöglicht wird. Insbesondere ist das notwendig, um den Prozess auch bei An- und Abfahrvorgängen bewerten zu können.

Werkzeuge

Für solche Simulationsrechnungen stehen heute verschiedene Werkzeuge zur Verfügung. Die Spanne reicht dabei von einfachen Excel-Tabellen und Makros bis zu komplexen dynamischen Prozesssimulationen zum Beispiel in MATLAB/Simulink. Modellierung und Analysen werden von spezialisierten Ingenieurbüros als Dienstleistungen angeboten. Speziell für thermodynamische Prozesssimulationen wurde die Toolbox „Thermolib“ für MATLAB/Simulink entwickelt. Sie stellt Simulink-Blöcke für die typischen thermodynamischen Prozesskomponenten wie Pumpen, Kompressoren, Wärmetauscher, Reaktoren etc. zur Verfügung und eignet sich beispielsweise für die Modellierung von KWK-Anlagen, Klimaanlage und verfahrenstechnischen Anlagen.

Fazit

Durch den Einsatz von dynamischen Prozesssimulationen auf Basis von Prozessmodellen können Verbesserungsmaßnahmen zur Kosteneinsparung und zur Einsparung von Emissionen und Energie in ihren Auswirkungen fundiert vorhergesagt und bewertet werden. Die Simulation dient damit als Entscheidungshilfe für Investitionen.

Alexander Hlawenka
EUtech Scientific Engineering GmbH