

Roboter energieeffizient steuern und programmieren

Stefanie Senft

Im Hinblick auf einen energieeffizienten Betrieb wurden die Programmierung und die Steuerung von Robotern lange Zeit kaum beachtet. Dabei lassen sich durch optimierte Verfahrenswege signifikante Einsparpotenziale erzielen. Ausgeklügelte und einfach zu bedienende Softwaretools können dabei eine große Hilfe sein.

Software für die energieeffiziente Programmierung

Um Anwendern schlüsselfertige Lösungen bieten zu können, arbeiten führende Roboterhersteller an geeigneten Strategien zur energieeffizienten Programmierung. Ziel ist es, die energieoptimale Bahn schnell und mit möglichst geringem Aufwand zu ermitteln. Dafür sind ausgeklügelte Softwaretools erforderlich, bei denen der Anwender lediglich Start- und Zielkoordinaten sowie den zur Verfügung stehenden Arbeitsraum definieren muss. Die Software hat dann die Aufgaben, die optimale Roboterbahn innerhalb des vorgegebenen Arbeitsbereichs zu ermitteln (Bild 1).

Dafür ist viel Entwicklungs-Know-how erforderlich, da komplexe Zusammenhänge der Mechatronik in mathematische Modelle gefasst und in der Programmsoftware hinterlegt werden müssen. Außerdem gilt es weitere Parameter zu berücksichtigen, wie die Vermeidung von Zielkonflikten mit Taktzeitkriterien. Schließlich soll der Roboter bei den meisten Applikationen nicht nur energieeffizient, sondern auch schnell arbeiten.

Rückgewinnung von Energie

Bei der Auslegung der Bahnen geht es nicht nur darum, den primären Energiebedarf zu minimieren, sondern auch um eine möglichst hohe Rückgewinnungsrate. Da sich die Antriebe eines Roboters während der Bewegung zumeist in unterschiedlichen Betriebszuständen befinden, lässt sich dieses Wechselspiel der Antriebe aus Beschleunigen und Bremsen vorzüglich für die Energierückgewinnung nutzen.



Bild 1. Eine energieeffiziente Programmierung von Robotern erfordert ausgeklügelte Softwaretools

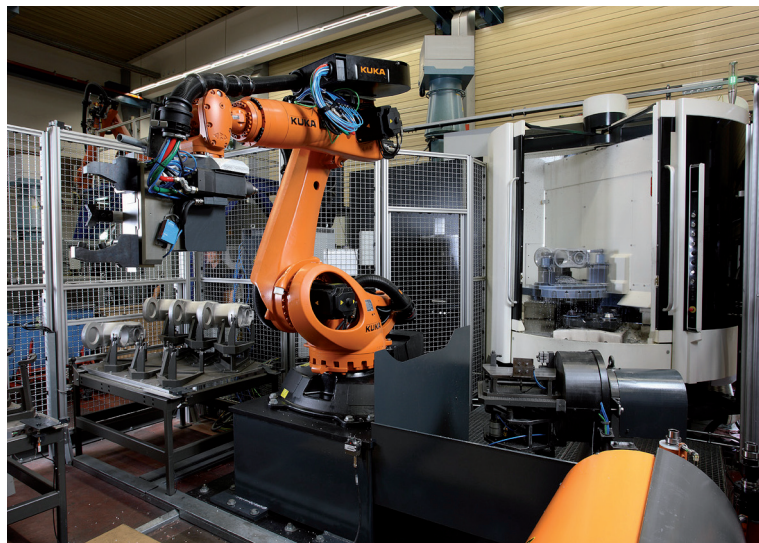


Bild 2. Beim durchschnittlichen Robotereinsatz im Karosseriebau sparen die Roboter der Serie Quantec im Vergleich zur Vorgängerserie 36% Energie

Dass die Ermittlung der energieoptimalen Roboterbahn kein leichtes ist, liegt bei unendlich vielen Möglichkeiten, um den Weg von A nach B zu beschreiben, auf der Hand. Gleichzeitig ist dabei der Programmieraufwand in Grenzen zu halten. Übersteigen die Programmierkosten das tatsächliche Einsparpotenzial auf der Energieseite, wird der Weg zur optimalen Roboterbahn schnell zum Irrweg.

In der Vergangenheit setzte man bei der Bahnprogrammierung meist auf den kürzesten Weg, sprich die Gerade

von A nach B. Heute ist bekannt, dass die kürzeste Verbindung, gerade bei Applikationen mit einem komplexen Bewegungsprofil, bei weitem nicht die energieeffizienteste Bahn ist. Ergebnisse von Roboterherstellern und Forschungseinrichtungen, wie dem Institut für mechatronische Systeme an der Leibniz Universität Hannover [1] haben gezeigt, dass energieeffiziente Roboterbahnen zum Teil erheblich von direkten Punkt-zu-Punkt-Verbindungen abweichen.

Das vermeintliche Phänomen erklärt sich dadurch, dass Roboter komplexe Mehrachssysteme sind, bei denen eine Bahn aus einer Abfolge mehrerer einzelner Bewegungsabläufe generiert wird. Die Aufgabenstellung besteht nun darin, eine Roboterbahn von Punkt A nach Punkt B zu generieren, bei der das Wechselspiel der Achsen aus Beschleunigen und Bremsen so zu koordinieren ist, dass am Ende das energieeffizienteste Bewegungsprofil steht.

Stefanie Senft ist Pressereferentin bei der Kuka Roboter GmbH in Augsburg.

E-Mail: stefaniesenft@kuka-roboter.de





Die Rückspeisung der Bremsenergie ist ein wesentlicher Aspekt bei der Verbesserung der Energieeffizienz von Robotersystemen. Dabei geht es darum, die beim Bremsen einer Achse erzeugte generatorische Energie wieder dem Gesamtsystem zur Verfügung zu stellen. Dazu bietet sich die Energieversorgung der Antriebe über einen sogenannten Zwischenkreisverbund an.

Einsparpotenziale beim Stillstand

Eine Analyse der Bewegungs- und Stillstandszeiten an repräsentativ ausgewählten Robotern der Mittelgewichtsklasse im Karosseriebau von Kuka Roboter [2] ergab, dass ein Roboter nur 26 % der Zeit in Bewegung ist. Dabei benötigen sie zwischen 2,5 kW und 3,5 kW. Somit verteilen sich knapp drei Viertel der gesamten Zeit auf unterschiedlich definierte Stillstandszeiten. 13 % entfallen auf den sogenannten Standby-Mode 1 mit Stillstandszeiten zwischen 2 s und 20 s – bei einer Energieaufnahme von 650 W bis 800 W. Der Standby-Mode 2 bei dem die Roboter zwischen 20 s und 10 min stillstehen, nimmt mit 37 % die meiste Zeit in Anspruch. Auf den Standby-Mode 3 mit Stillständen von mehr als 10 min entfallen immerhin noch 24 %. In diesen beiden Betriebsarten liegt der Energiebedarf des Roboters mit eingefallenen Bremsen bei 220 W.

Was diese Erkenntnisse für die Optimierungsbestrebungen der Energieeffizienz bedeuten, bringt Dipl.-Ing. Peter Klüger, Produktmanager bei der Kuka Roboter GmbH, auf den Punkt: „Nachdem sich ein Roboter zu 74 % der Zeit in Warte- oder Stillstandsposi-

sitionen befindet, dürfen wir den Fokus für den energieeffizienten Betrieb nicht nur auf die Produktivbewegung richten, sondern müssen auch Einsparpotenziale in den nicht produktiven Phasen erschließen.“

Energieverbrauch um 36 % gesenkt

Dabei ist das Unternehmen auf einem guten Weg. Das zeigt sich beispielsweise an der Robotergeneration Quantec (Bild 2) sowie dem Controller KR C4 (Bild 3), bei denen es gelungen ist die Energieaufnahme sowohl in der Bewegung als auch im Standby-Betrieb zu reduzieren. In der reinen Produktionsbewegung verbraucht der Sechachsroboter mit KR C4 rund 30 % weniger Energie als das Vorgängermodell. Beim Betriebszustand „Warten in der Regelung“ fällt das erreichte Einsparpotenzial durch eine Verkürzung der Bremseneinfallzeit mit 60 % sogar noch höher aus. Auch in den Standby-Modi 1 bis 3 liegen die Einsparungen zwischen 15 % und 80 %. So verbraucht die Robotersteuerung je nach Standby-Betriebszustand nur zwischen 30 W und 200 W.

Ein konsequentes Energiemanagement sorgt unter anderem durch einen temperaturgeregelten Lüfterbetrieb in den Stillstandszeiten für eine Minimierung der Energieaufnahme. In den Standby Modi 2 und 3 basieren die Energieeinsparungen hauptsächlich auf dem Einsatz von Profienergy. Das Feature stellt dem Profinet Funktionen und Mechanismen zur Verfügung, die eine energieeffiziente Produktion ermöglichen sollen.

In Summe ermöglicht Kuka mit der Roboterfamilie Quantec und der Steuerung KR C4 beim normalen Roboter-



Bild 3. Bei der Steuerungsarchitektur KR C4 verfügen alle integrierten Steuerungen von Safetycontrol und Robotcontrol über Motioncontrol und Logiccontrol bis zu Processcontrol über eine gemeinsame Datenbasis und Infrastruktur

einsatz im Karosseriebau eine Energieeinsparung von 36 % im Vergleich zur Vorgängerbaureihe. Bei einem Robotereinsatz im Drei-Schicht-Betrieb an fünf Tagen in der Woche und zwei Tagen Wochenendabschaltung lassen sich somit jährlich rund 2 500 kWh sparen. Das entspricht in etwa dem Jahresenergieverbrauch eines energiebewussten Zwei-Personen Haushalts. Pro Roboter spart ein Anwender somit über 250 € an Energiekosten im Jahr. Anders ausgedrückt kann man durch den Einsatz jedes einzelnen Quantec-Roboters im Karosseriebau jährlich über 1 400 kg CO₂ vermeiden.

Literatur

- [1] Leibnitz Universität Hannover:
www.uni-hannover.de
- [2] Kuka Roboter GmbH, Augsburg:
www.kuka-roboter.de