

Erhöhung der Bahngenauigkeit von Planarantrieben durch Preprocessing

Increasing the accuracy of planar drives by pre-processing

Problemstellung

Die Genauigkeit, mit der ein Antrieb einer vorgegebenen Bahn folgt, hängt von vielen Faktoren im Antriebssystem ab. Ein häufig unterschätzter Gesichtspunkt ist dabei die Bahn selbst. Ein Anpassen der Bahn an die physikalischen Möglichkeiten des Antriebssystem kann die Präzision während der Bahnabarbeitung substantziell verbessern.

Die begrenzenden Faktoren des Antriebs sind in der Regel Geschwindigkeit und Beschleunigung. Zu beachten ist, dass diese nicht nur das Geschwindigkeitsprofil entlang der Bahn limitieren, sondern auch die Bahnform selbst, da eine Änderung der Bewegungsrichtung immer eine entsprechende, geschwindigkeitsabhängige Querschleunigung erfordert. Insbesondere an Eckpunkten wäre für die exakte Einhaltung der Bahn ein vollständiger Stop nötig, da sich die sonst theoretisch notwendige „unendlich hohe“ Querschleunigung praktisch nicht erzeugen lässt. Ein solcher Stop ist in der Regel jedoch unerwünscht, was heißt, dass seitliche Abweichungen von der Sollbahn unvermeidbar sind. Wird diese seitliche Abweichung vom Positionsregler kontrolliert, ist das genaue Verhalten (und damit die zu erwartende Genauigkeit) nur schwer vorherzusagen. Weiterhin werden die physikalischen Möglichkeiten eines Antriebs in der Regel allein durch den Positionsregler nicht vollständig ausgenutzt, was zu unnötig großen Fehlern führt.

Lösung

Durch eine Anpassung der Sollbahn, bei der Ecken durch Kreisbögen ersetzt werden, kann die Situation deutlich verbessert werden, da dann der Zusammenhang zwischen dem zu erwartenden Fehler, der Bahngeschwindigkeit und den notwendigen Beschleunigungen genau bekannt ist. Da Regler im Allgemeinen die Möglichkeit zur Vorsteuerung enthalten, lassen sich auf diesem Weg auch die physikalischen Möglichkeiten des Antriebs vollständig ausnutzen.

An der IMMS gGmbH wurde ein Algorithmus entwickelt, der dieses Ersetzen von Ecken durch Kreisbögen vornimmt. Ausgangspunkt ist die Bahn, gegeben im G-Code Format. Als Parameter gehen die maximal zugelassene seitliche Abweichung sowie die maximal mögliche Beschleunigung in den Algorithmus ein. Neben der eigentlichen Bahnform werden auch weitere, im G-Code gegebene Informationen, z.B. Geschwindigkeiten, Wartezeiten, Wechsel der Interpolationsebene u.ä., berücksichtigt.

Ergebnis

Der am Institut entwickelte Algorithmus wurde in einem planaren Direktantrieb implementiert und getestet. Dabei wurden die erwarteten substantziellen Verbesserungen tatsächlich erzielt. Sowohl die mittlere als auch die maximale

Problem definition

The accuracy of a drive following the preset path depends on many factors in the drive system. A many times underestimated factor is the path itself. An adaptation of the path to the physical possibilities of the drive system may substantially improve the precision during path processing itself.

The limiting factors of the drive usually are velocity and acceleration. It must be taken into account that these

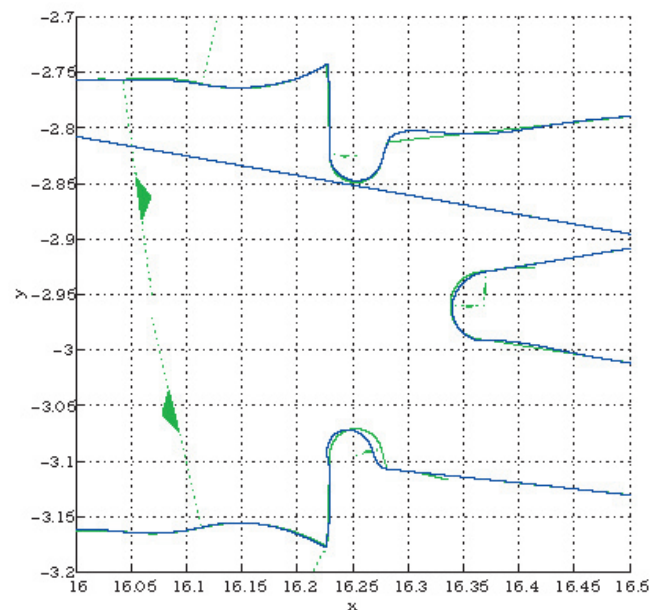


Abb. 1: xy-plot der originalen Sollbahn (grün) und der tatsächlich realisierten Bahn (blau)

Fig. 1: xy-plot of the original set path (green) and the actually realized path (blue)

do not only limit the velocity profile along the path, but also the path shape itself, as modifications in the direction of movement always require a corresponding velocity-dependent transversal acceleration. Especially at corner points a complete stop would be necessary for exactly keeping to the path, as the otherwise theoretically necessary "infinitely high" transversal acceleration can virtually not be generated. Such a stop is, however, usually unwanted, which means that lateral deviations from the set path are unavoidable. If the position controller controls this lateral deviation, the exact behaviour (and with that the accuracy to be expected) can only be predicted with difficulty. Apart from that the physical possibilities of a drive are usually not completely used by the position controller, which leads to unnecessarily significant errors.

seitliche Abweichung von der Sollbahn wurden signifikant verringert, die Störeregung des Gesamtsystems wurde kleiner, während die Bearbeitungszeiten gleich blieben. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen einen Ausschnitt aus einer Testbahn mit und ohne Einsatz des neuen Algorithmus. Für beide Kurven wurden die gleichen Reglereinstellungen verwendet.

Die grüne Kurve zeigt jeweils die Sollbahn, die blaue Kurve jeweils die tatsächlich realisierte Bahn. Man erkennt deutlich die erzielte Verbesserung. Die maximale seitliche Abweichung entlang der Bahn hat sich von $8.8 \mu\text{m}$ auf $1.6 \mu\text{m}$ verringert, die mittlere seitliche Abweichung von $0.242 \mu\text{m}$ auf $0.085 \mu\text{m}$, die Bearbeitungszeit der gesamten Bahn blieb unverändert bei 11.8 sec.

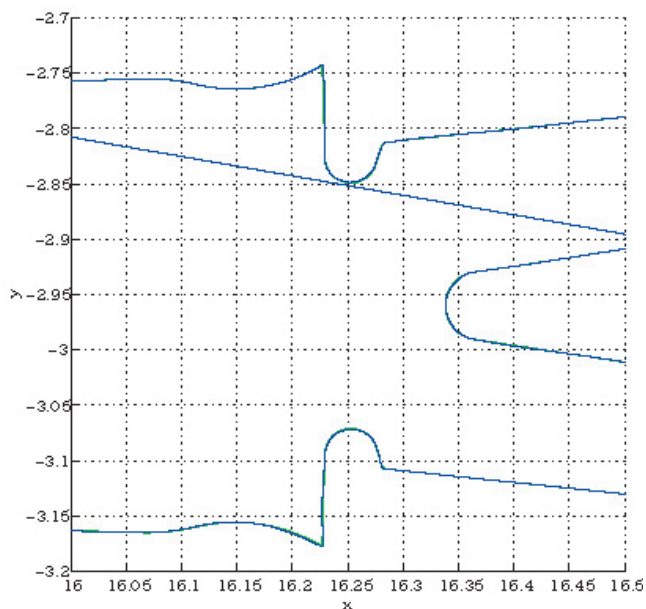


Abb. 2: xy-plot der angepassten Sollbahn (grün, Fehlerschranke $1 \mu\text{m}$) und der tatsächlich realisierten Bahn (blau)

Fig. 2: xy-plot of the adapted set path (green, error limit $1 \mu\text{m}$) and the actually realized path (blue)

Solution

By an adaptation of the set path, at which circular arcs replace corners, the situation may clearly be improved, as then the connection between the errors to be expected, path accuracy and necessary accelerations is exactly known. As controllers are usually equipped with a feed-forward function, the physical possibilities of the drive can also be made use of completely.

At the IMMS an algorithm was developed that replaces the corners by circular arcs. Starting point was the path, given in G-code format. As parameters the maximum permitted lateral deviation as well as maximum possible acceleration are used for this algorithm. Besides the path shape itself, also other, information given in G-code, e.g. speed, waiting times, change of the interpolation plane and similar are taken into account.

Result

The algorithm developed at the IMMS was implemented and tested at a planar direct drive. Here the expected substantial improvement was actually achieved. The mean value as well as the maximum lateral deviations from the set path were significantly reduced, the interference excitation of the total system decreased, while the processing times did not change.

The figures 1 and 2 show a section of a test path with and without the use of the new algorithm. For both curves the same controller settings were used. The green curve shows the set path, the blue curve the actually realized path. The achieved improvement can clearly be seen. The maximum lateral deviation along the path was reduced from $8.8 \mu\text{m}$ to $1.6 \mu\text{m}$, the medium lateral deviation of $0.242 \mu\text{m}$ to $0.085 \mu\text{m}$ and the processing time of the total path remained the same at 11.8sec.

Ansprechpartner / Contact:

Michael Katzschmann
 Tel.: +49 (3677) 69-5566
 E-Mail: michael.katzschmann@imms.de