# Motortuning – Theorie

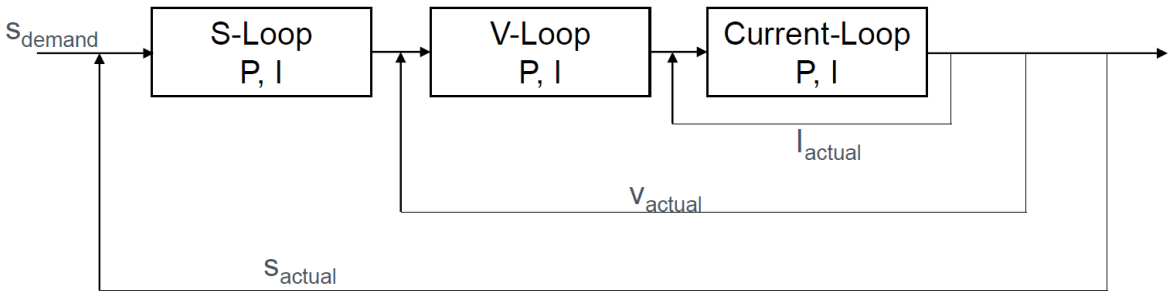
Application Note

## 1 Einführung

In der Antriebstechnik ist die präzise Abstimmung von Regelparametern entscheidend für das dynamische Verhalten und die Stabilität elektrischer Antriebe. Regleroptimierung – das sogenannte Tuning – zielt darauf ab, das Zusammenspiel von Strom-, Drehzahl- und Lageregelung unter realen Betriebsbedingungen zu verbessern. Durch die systematische Anpassung von P- und I-Anteilen lassen sich Überschwingen, Einschwingzeiten und Regelabweichungen gezielt minimieren. Nanotec liefert seine Motoren mit integriertem Controller bereits mit voreingestellten Regelparametern aus, die für einen mittleren Lastfall ausgelegt sind. Auch für externe Motoren können Presets für die Regelung zur Verfügung gestellt werden. Für den Großteil der Anwendungen funktionieren diese Presets bereits sehr gut. Das Tuning bietet die Möglichkeit, das Regelverhalten insbesondere bei variablen Lasten oder anspruchsvollen Fahrprofilen zu optimieren, um eine höhere Effizienz, bessere Performance und reduzierte thermische Belastung der Antriebskomponenten zu erreichen.

## 2 Die Reglerstruktur bei Nanotec

At Nanotec, the control loop consists of three cascaded proportional-integral controllers: the current controller, the speed controller, and the position controller. The current controller is active in all operating modes. The speed controller is also active in all modes except the “Real Torque” modes, in which it can be deactivated in torque mode via bit 5 in 0x3202. The position controller is active in Profile Position, Homing, Interpolated Position Mode, Cyclic Synchronous Position Mode, and Clock Direction Mode. In Velocity, Profile Velocity, and Cyclic Synchronous Velocity modes, the position controller can optionally be activated via bit 1 in 0x3202. This can improve the control behavior, especially at low speeds.

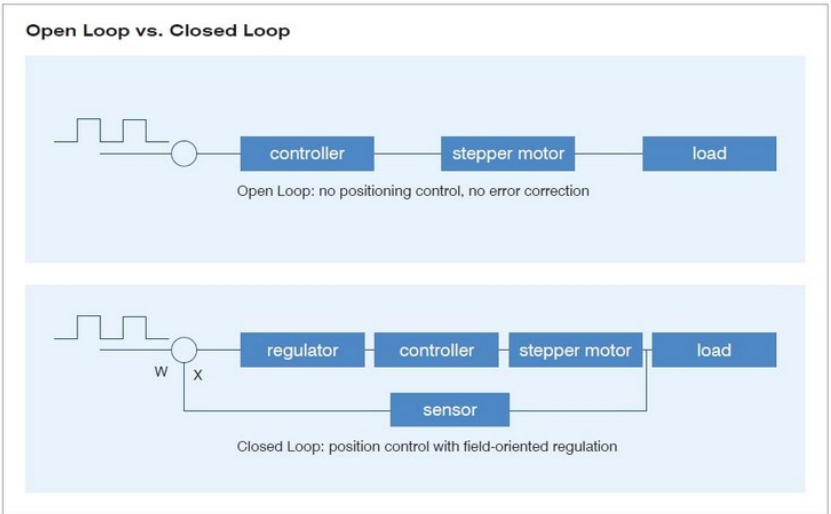



Für Firmware-Versionen ab FIR-v22xx gilt ein neues Schema für die Reglerstruktur. Aus Kompatibilitätsgründen sind im Auslieferungszustand noch die alten Regelparameter 0x3210 aktiv. Um die neuen Regelparameter zu aktivieren, muss 0x3212:04=1 gesetzt werden. Die alten Werte werden automatisch umgerechnet und in die neuen Objekte 0x321A bis 0x321E übertragen. In unseren Praxis-Videos zum Thema Motor-Tuning wird mit den neuen Regelparametern gearbeitet.

Jeder Regler besteht aus einem Proportional-Anteil mit dem Verstärkungsfaktor Kp und einem Integral-Anteil mit der Integrierzeit Ti. Die Stellgröße ist das Ausgangssignal des Reglers und somit die Vorgabe für den nächsten Regler. Die Stellgröße wird beim Positionsregler durch die maximale Geschwindigkeit, beim Geschwindigkeitsregler durch den maximalen Strom und beim Stromregler durch das maximale PWM-Signal limitiert.

Der Verstärkungsfaktor Kp hat direkten Einfluss auf die aktuelle Stellgröße: Bei gleicher Abweichung ist die Stellgröße proportional zum Verstärkungsfaktor. Jeder Regler besitzt auch einen Integral-Anteil, der durch die Integrierzeit Ti bestimmt wird. Je kleiner die Integrierzeit, desto schneller steigt die Stellgröße. Ist die Integrierzeit 0, wird der Integral-Anteil intern auf "0" gesetzt, und der Regler hat nur den Proportional-Anteil.

Im Closed Loop wird die gemessene Regelgröße permanent mit der Führungsgröße verglichen. Bei Abweichungen zwischen diesen Größen regelt der Controller entsprechend den vorgegebenen Regelparametern nach. Ziel der Optimierung der Regelparameter ist ein möglichst ruhiger Motorlauf, hohe Genauigkeit und hohe Dynamik bei der Reaktion des Controllers auf Störungen.




Alle Regelabweichungen sollen so schnell wie möglich eliminiert werden. Es ist aufgrund der kaskadierten Reglerstruktur sinnvoll, mit der Optimierung des innersten Reglers – des Stromreglers – zu beginnen, bevor der Geschwindigkeits- und ggf. der Positionsregler optimiert werden.

Dabei sind die Stromregelparameter grundsätzlich vom Motor selbst abhängig und unabhängig von der Last. Unsere Motoren mit integriertem Controller werden mit voreingestellten Regelparametern ausgeliefert, sodass sie normalerweise nicht angepasst werden müssen. Die Geschwindigkeits- und Positionsregelparameter können dagegen zur Optimierung an die jeweilige Last angepasst werden.