

maxon motor control		
maxon motor ag Brünigstrasse 220 CH – 6072 Sachseln www.maxonmotor.com	EPOS4 Sensoren & Aufstarten der Sinus-Kommutierung	Version: 1.10 (Dt.) Autor: WJ Datum: 2020-04-11

EPOS4: Sensoren für die Sinus-Kommutierung und Aktivierung der Sinus-Kommutierung

Thema:

- Welche Art von Sensoren sind für eine Sinus-Kommutierung zwingend erforderlich?
- Ab welchem Zeitpunkt wird die Sinus-Kommutierung bei der ersten Bewegung aktiviert?

Ausgangslage:

Es gibt zwei mögliche Arten der Wicklungskommutierung (= Wicklungsumschaltung) für bürstenlose Motoren (= EC Motoren):

- **Block-Kommutierung:**
Die Block-Kommutierung ist die einfachste Art der Kommutierung. Die Block-Kommutierung schaltet die Motorwicklungen schrittweise ein / aus basierend auf dem Signalmuster der drei Hallsensoren. Im Endergebnis führt diese Art der Kommutierung durch die stufenweise "harte" Umschaltung der Wicklungen zu einem prinzip bedingten Drehmoment-Rippel von 14% innerhalb jedes Kommutierungssegments.
- **Sinus-Kommutierung:**
Bei der Sinus-Kommutierung (oder auch als FOC "Field Oriented Control" benannt) wird ein sinus-förmiger Stromverlauf in die Wicklungen eingepreßt, der auf der exakten Rotorposition basiert. Die Rotorposition wiederum wird aus der Encoder-Information abgeleitet. Diese Art der Kommutierung führt zu keinem Drehmoment-Rippel und besitzt den geringsten Motorgeräuschpegel.

Moderne Steuerungen wie die EPOS4 ermöglichen den Einsatz der Block- oder Sinus-Kommutierung in Abhängigkeit von der Konfiguration und dem vorhandenen Geberssystem.

maxon motor control		
maxon motor ag Brünigstrasse 220 CH – 6072 Sachseln www.maxonmotor.com	EPOS4 Sensoren & Aufstarten der Sinus-Kommutierung	Version: 1.10 (Dt.) Autor: WJ Datum: 2020-04-11

Lösung:

Die Sinus-Kommutierung erfordert zwingend einen hoch-auflösenden Sensor wie zum Beispiel einen analogen oder digitalen inkrementellen oder absoluten Encoder, sowie teilweise zusätzlich Hallsensoren für den Start der Kommutierung innerhalb der ersten Motorwellen-Umdrehung direkt nach dem Einschalten (oder einem Reset) der Steuerung.

Bei einem Motor mit nur einem Polpaar entspricht eine elektrische Umdrehung ebenfalls einer mechanischen Umdrehung (= 360°) der Motorwelle. Falls ein Motor mit mehreren Polpaaren im Einsatz ist, entspricht eine elektrische Umdrehung nur einer mechanischen Bewegung der Motorwelle von 360° geteilt durch die Polpaar-Anzahl. Falls zum Beispiel ein Motor mit 2 Polpaaren (wie der maxon "EC-4pole") verwendet wird, entspricht eine elektrische 360° Umdrehung einer mechanischen 180° Bewegung der Motorwelle. maxon's EC-flat und EC-i Motoren besitzen eine höhere Anzahl an Polpaaren wodurch eine elektrische Umdrehung nur dem Bruchteil (= 360°/Polpaarzahl) einer mechanischen Umdrehung der Motorwelle entspricht.

Das konkrete Aufstarten einer Sinus-Kommutierung nach dem Einschalten hängt von dem verwendeten Encoder-Typ und der Konfiguration ab. Es ist hierbei möglich, dass zuerst mit einer Block-Kommutierung während der ersten elektrischen Umdrehung gestartet werden muss bevor der Bezug zwischen der Encoder-Information und der Lage des Rotors des Motors hergestellt und dann auf die Sinus-Kommutierung automatisch gewechselt werden kann.

Falls eine Anwendung einen "sanften" Anlauf ohne Drehmoment-Rippel bereits innerhalb der ersten Umdrehung nach dem Einschalten erfordert oder die Motorwelle nur Bewegungen innerhalb 360° ausführen kann, wird empfohlen einen Encoder-Typ und eine Konfiguration zu wählen, die es der Steuerung ermöglicht sofort mit der Sinus-Kommutierung zu starten.

Die EPOS4 bietet verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten (über den EPOS Studio's "Startup Wizard") für die Sinus-Kommutierung bei Vorhandensein eines Encoders. Nachfolgend findet sich ein Überblick über diese Konfigurationsvarianten für die Sinus-Kommutierung mit Hinweisen zu notwendigen Voraussetzungen und dem Verhalten während der initialen Bewegung innerhalb der ersten elektrischen Umdrehung der Motorwelle (nach dem Einschalten oder einem Reset).

maxon motor control		
maxon motor ag Brünigstrasse 220 CH – 6072 Sachseln www.maxonmotor.com	EPOS4 Sensoren & Aufstarten der Sinus-Kommutierung	Version: 1.10 (Dt.) Autor: WJ Datum: 2020-04-11

1. Sinus-Kommutierung basierend auf „Hallsensoren + Digital- / Analog-Inkremental Encoder“

EPOS Studio's „Startup“ Wizard -> Commutation: Hall sensors + Digital incremental:

Commutation

Enter commutation type and sensors.

Type	Sinusoidal commutation ▼
Sensors	X4 - Digital Hall sensors & X5 - Digital incremental encoder 1 ▼

Oder:

EPOS Studio's „Startup“ Wizard -> Commutation: Hall sensors + Analog incremental (SinCos):

Commutation

Enter commutation type and sensors.

Type	Sinusoidal commutation ▼
Sensors	X4 - Digital Hall sensors & X6 - Analog incremental encoder (sin/cos) ▼

- Prinzip bedingt kann der Encoder-Bezug zur Rotorposition erst über die Detektion eines Hallsensor-Signals bestimmt werden, d.h. der Betrieb mit Sinus-Kommutierung ist beim Einschalten nicht sofort möglich und wird erst innerhalb der ersten elektrischen Umdrehung aktiviert. In einer ersten Phase bis zur automatischen Umschaltung auf Sinus-Kommutierung erfolgt deshalb eine Block-Kommutierung.
- EPOS4:
Die Sinus-Kommutierung wird bei der ersten Detektion des Hall-Sensors 3 aktiviert und bei den weiteren Hallsensor-Signalen nochmals nachjustiert.
- Der Inkrementalgeber muss auf der Motorwelle montiert sein, aber muss nicht spezifisch auf eine Rotorposition ausgerichtet werden.

maxon motor control		
maxon motor ag Brünigstrasse 220 CH – 6072 Sachseln www.maxonmotor.com	EPOS4 Sensoren & Aufstarten der Sinus-Kommutierung	Version: 1.10 (Dt.) Autor: WJ Datum: 2020-04-11

2. Sinus-Kommutierung basierend auf „SSI-Absolutgeber“ (ohne Hallsensoren)

EPOS Studio's „Startup“ Wizard -> SSI absolute encoder:

Commutation

Enter commutation type and sensors.

Type	Sinusoidal commutation
Sensors	X6 - SSI absolute encoder
SSI commutation offset value	0 inc

- Die Sinus-Kommutierung wird sofort aktiviert basierend auf der Rotorlage-Information durch den Absolutgeber.
- maxon Absolutgeber sind in Bezug zur Rotorlage definiert montiert und ausgerichtet.
- Bei Absolutgebern von Drittherstellern oder auch nachträglich montierten maxon Absolutgebern muss ...
 - ⇒ ... der Geber auf der Motorwelle montiert sein.
 - ⇒ ... der sogenannte "SSI commutation offset value" (EPOS4 Objekt: 0x3012/0x0A) konfiguriert werden.
- Falls keine maxon Motor-/Encoder-Kombination verwendet wird, finden sich Hinweise zur Konfiguration des "SSI commutation offset value" (EPOS4 Objekt: 0x3012/0x0A) hier:
 - ⇒ EPOS Studio / Start-up Wizard
-> Controller / Commutation
 - ⇒ EPOS4 Application Notes Collection:
-> Chapter "7 Adjustment of SSI Commutation Offset Value"

maxon motor control		
maxon motor ag Brünigstrasse 220 CH – 6072 Sachseln www.maxonmotor.com	EPOS4 Sensoren & Aufstarten der Sinus-Kommutierung	Version: 1.10 (Dt.) Autor: WJ Datum: 2020-04-11

3. Sinus-Kommutierung basierend auf „Hallsensoren und SSI-Absolutgeber“

EPOS Studio's „Startup“ Wizard -> Hall sensors + SSI absolute encoder:

Commutation

Enter commutation type and sensors.

Type	Sinusoidal commutation
Sensors	X4 - Digital Hall sensors & X6 - SSI absolute encoder

- Das Verhalten und der Ablauf ist wie bei der Sinus-Kommutierung basierend auf "Hallsensoren und Digital-Inkremental Encoder".
- Der Encoder-Bezug zur Rotorposition wird über die Detektion eines Hallsensor-Signals bestimmt, d.h. der Betrieb mit Sinus-Kommutierung ist beim Einschalten nicht sofort möglich und wird erst innerhalb der ersten elektrischen Umdrehung aktiviert. In einer ersten Phase bis zur automatischen Umschaltung auf Sinus-Kommutierung erfolgt deshalb eine Block-Kommutierung.
- EPOS4:
Die Sinus-Kommutierung wird bei der ersten Detektion des Hall-Sensors 3 aktiviert und bei weiteren Hallsensor-Signalen nochmals nachjustiert.
- Der Absolutgeber muss auf der Motorwelle montiert sein, aber muss nicht in einem definierten Bezug zur Motorwelle ausgerichtet sein.

maxon motor control		
maxon motor ag Brünigstrasse 220 CH – 6072 Sachseln www.maxonmotor.com	EPOS4 Sensoren & Aufstarten der Sinus-Kommutierung	Version: 1.10 (Dt.) Autor: WJ Datum: 2020-04-11

Zusammenfassung & Tipps aus der Praxis:

- Eine Sinus-Kommutierung setzt einen Encoder zwingend voraus!
 - Der Encoder muss auf der Motorwelle montiert sein muss!
 - Falls ein Inkremental-Encoder verwendet wird, so steht direkt nach dem Einschalten (oder einem Reset) der Bezug zwischen der Encoder-Information und der Rotorlage des Motors noch nicht zur Verfügung. In diesem Fall wird bei der ersten Bewegung der Motorwelle mit einer Block-Kommutierung gestartet und erst bei der Detektion der Hallsensor-Flanken innerhalb der ersten elektrischen Motorwellen-Umdrehung auf die Sinus-Kommutierung umgeschaltet.
 - Sofern bei einer Anwendung die **sofortige Aktivierung der Sinus-Kommutierung** erforderlich ist (z.B. weil die Motorwelle nur Bewegungen von kleiner 360° ausführt), muss ein Absolutgeber auf der Motorwelle montiert sein. Es muss in diesem Fall als Kommutierungssensor "**SSI Absolute Encoder**" konfiguriert werden und NICHT(!) "Digital Hall sensors & SSI Absolute Encoder".
 - Bei maxon Motor-/Encoder-Kombinationen ist der Encoder definiert zur Rotorposition des Motors montiert und der "SSI commutation offset value" (EPOS4 Objekt: 0x3012/0x0A) muss nicht(!) abgeglichen werden.
 - Bei dem Einsatz von Encodern von Drittherstellern oder auch der nachträglichen Montage von maxon Encodern muss ...
 - ⇒ ... bei der Kommutierung "SSI Absolute Encoder" (ohne Hallsensoren) der "SSI commutation offset value" (EPOS4 Objekt: 0x3012/0x0A) ermittelt und korrekt konfiguriert werden.
- oder
- ⇒ ... "Digital Hall sensors & SSI Absolute Encoder" als Kommutierungssensor konfiguriert werden. Bei dieser Konfiguration startet die EPOS4 innerhalb der ersten elektrischen Umdrehung jedoch mit einer Block-Kommutierung bevor auf die Sinus-Kommutierung umgeschaltet wird.