

# maxon motor control

## Technik – kurz und bündig

Das **maxon motor control** Programm beinhaltet Servoverstärker zur Ansteuerung der reaktionsschnellen maxon DC- und EC-Motoren.

### Programm

- 4-Q Drehzahlregler für DC-Motoren
- sensorlose Steuerungen für EC-Motoren
- 1-Q und 4-Q Drehzahlregler für EC-Motoren
- Positionsregler für DC- und EC-Motoren

### Motorart

- maxon DC motor
- maxon EC motor mit oder ohne Sensoren

### Regelart

- Drehzahl
- Position
- Strom

### Sensoren

- Encoder
- DC Tacho
- IxR-Kompensation
- Hall-Sensoren

### Endstufen

- linear
- getaktet
- 1-Quadrant
- 4-Quadranten

### Schaltungstechnik

- digital
- analog

## Regelgrößen

### Drehzahl

Die Aufgabe der Drehzahl-Servoverstärker besteht darin, eine vorgegebene Drehzahl möglichst konstant und unabhängig von Belastungswechseln am Motor einzuhalten. Um dies zu erreichen, wird in der Regelelektronik des Servoverstärkers fortlaufend der Sollwert (vorgegebene, gewünschte Drehzahl) mit dem Istwert (tatsächliche Drehzahl) verglichen. Mit der daraus ermittelten Reglerdifferenz steuert der Regler die Endstufe des Servoverstärkers so an, dass der Motor die Reglerdifferenz verkleinert. Wir haben also einen geschlossenen Geschwindigkeits-Regelkreis.

### Position

Der Positionsregler sorgt für die Übereinstimmung der momentan gemessenen Position mit einer Sollposition, in dem er – genau wie beim Drehzahlregler – entsprechende Korrekturwerte an den Motor gibt.

Die dazu benötigte Positionsinformation stammt meist von einem Digital-Encoder.

### Strom

Der Stromregler führt dem Motor einen zum Sollwert proportionalen Strom zu. Somit verhält sich auch das Motordrehmoment proportional zum Sollwert.

Der Stromregler verbessert auch die Dynamik eines übergeordneten Positions- oder Drehzahl-Regelkreises.

## Digital-Encoderregelung

Der Motor ist mit einem Digital-Encoder ausgerüstet, der pro Umdrehung eine bestimmte Anzahl Impulse liefert. Mit den um 90 elektrische Grad verschobenen Rechteckimpulsen wird die Drehrichtung erkannt.

- Digital-Encoder sind häufig bei Positionierregelungen vorhanden, um Weg oder Winkel abzuleiten und zu messen.
- Digital-Encoder sind keinem mechanischen Verschleiss unterworfen.
- Im Zusammenspiel mit einem digital arbeitenden Regler gibt es keine Drifteffekte.
- Werden die Hall-Sensor-Signale eines EC-Motors zur Regelung herangezogen, entspricht dies einem Encoder mit tiefer Auflösung.

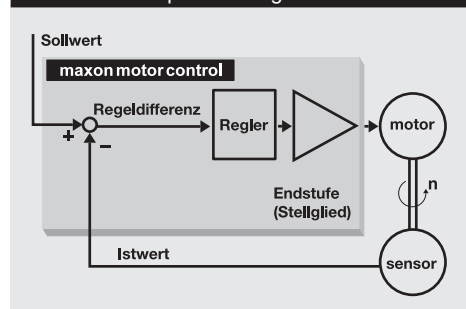
## IxR-Kompensation

Dem Motor wird eine Spannung zugeführt, die dem angelegten Drehzahlsollwert proportional ist. Bei zunehmender Belastung des Motors würde die Drehzahl absinken. Die Kompensationsschaltung erhöht die Ausgangsspannung mit steigendem Motorstrom. Die Kompensation muss auf den Anschlusswiderstand des Motors eingestellt werden. Die Grösse dieses Widerstandes ist temperatur- und belastungsabhängig.

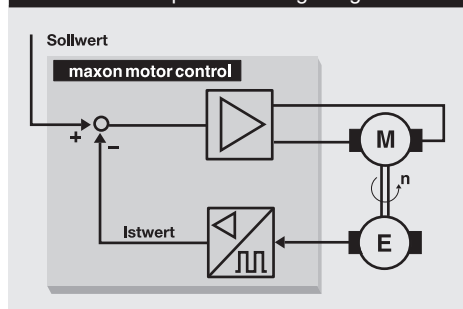
Der erreichbaren Drehzahlgenauigkeit eines solchen Systems sind Grenzen im Prozentbereich gesetzt.

- Preiswert und platzsparend
- Kein Tachogenerator oder Encoder erforderlich
- Weniger präzise Ausregelung bei Laständerung
- Nur Regelung der Drehzahl
- Ideal für Low-Cost-Anwendungen ohne hohe Ansprüche an Drehzahlkonstanz

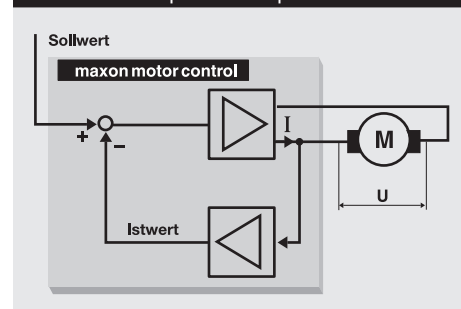
Prinzip eines Regelkreises



Prinzip: Encoderregelung



Prinzip: IxR-Kompensation





## DC-Tacho-Regelung

Der Motor muss mit einem DC-Tacho ausgerüstet sein, der ein drehzahlproportionales Signal liefert. Im maxon-Baukastensystem ist der Tacho-Rotor direkt auf der Motorwelle montiert, wodurch eine hohe Resonanzfrequenz erreicht wird.

- Klassische Lösung einer sehr präzisen Regelung
- Begrenzte Lebensdauer des DC-Tacho-Generators
- Nicht für Positionieraufgaben geeignet
- Nicht digital
- Ideal für hohe Ansprüche an Drehzahldynamik

## Betriebsquadranten

### 4-Q-Betrieb

- Kontrollierter Motorbetrieb und Bremsbetrieb in beiden Drehrichtungen (alle 4-Quadranten)
- Ein Muss für Positionieraufgaben

### 1-Q-Betrieb

- Nur Motorbetrieb (Quadrant I oder Quadrant III)
- Drehrichtungsumkehr durch digitales Signal
- Typisch: Verstärker für EC-Motoren

## Endstufen

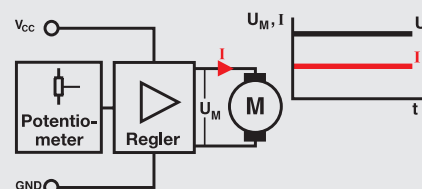
Zur Ansteuerung der Endstufentransistoren arbeiten die maxon Regler nach einem der beiden folgenden Prinzipien:

### Lineare Endstufe

Die Betriebsspannung wird aufgeteilt zwischen Motor und Endstufe. Der Regler verändert die Spannung am Motor ( $U_M$ ) linear und proportional. Die an der Endstufe abfallende Spannung ( $U_T$ ) verursacht Verlustleistung.

- Hohe Ströme und kleine Motorspannungen verursachen grosse Verlustleistungen
- Einfacher und preisgünstiger Aufbau der Endstufe

#### Prinzip: Lineare Endstufe



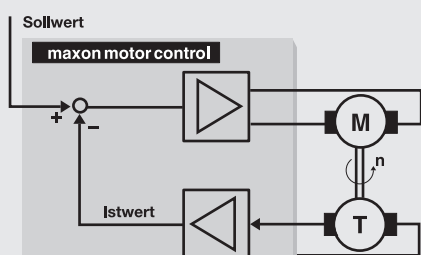
### Pulssteuerung (getaktet)

Der Regler schaltet in kurzen Intervallen (Pulse/Takte) den Motor ein und aus. Wird das Aus-Intervall länger, verlangsamt der Motor die Geschwindigkeit. Der massgebliche Mittelwert der Spannung ändert im Verhältnis der Ein- zur Aus-Zeit. Nur wenig Energie wird in Wärme umgesetzt.

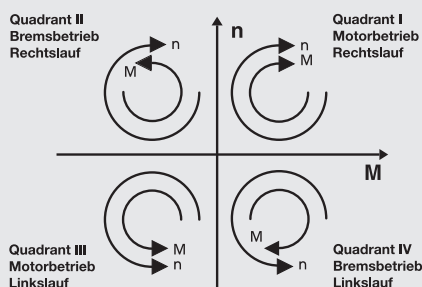
- Aufwändigere Endstufe
- Hoher Wirkungsgrad

Weitere Ergänzungen siehe ab Seite 279.

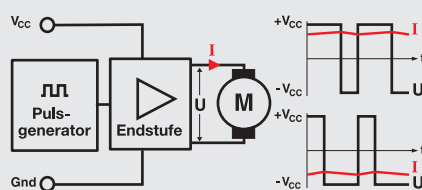
#### Prinzip: DC-Tacho-Regelung



#### Betriebsquadranten



#### Prinzip: getaktete Endstufe



# maxon motor control

## Technology – short and to the point

The **maxon motor control** program contains servo amplifiers for controlling the fast reacting maxon DC and EC motors.

### Program

- 4-Q servoamplifiers for DC motors
- Sensorless controllers for EC motors
- 1-Q and 4-Q servoamplifiers for EC motors
- Position controllers for DC and EC motors

#### Motor type

- maxon DC motor
- maxon EC motor with or without sensor

#### Type of control

- Speed
- Position
- Current

#### Feedback

- Encoder
- DC Tacho
- IxR compensation
- Hall sensors

#### Power amplifiers

- Linear
- Pulsed
- 1 quadrant
- 4 quadrant

#### Circuit technology

- Digital
- Analog

## Controlled variables

### Speed control

The function of the speed servo amplifier is to keep the prescribed motor speed constant and independent of load changes. To achieve this, the set value (desired speed) is continuously compared with the actual value (actual speed) in the control electronics of the servo amplifier. The controller difference determined in this way is used by the controller to regulate the power stage of the servo amplifier in such a manner that the motor reduces the controller difference. This represents a closed speed regulating circuit.

### Position control

The positioning control ensures a match between the currently measured position with a target position, by providing the motor with the corresponding correction values, as with a speed controller. The position data are usually obtained from a digital encoder.

### Current control

The current control provides the motor with a current proportional to the set value. Accordingly, the motor torque changes proportionally to the set value.

The current controller also improves the dynamics of a superior positioning or speed control circuit.

## Digital encoder control

The motor is equipped with a digital encoder that provides a certain number of pulses per revolution. The turning direction is detected with the square pulses of channels A and B offset by 90 electric degrees.

- Digital encoders are often found in positioning controls, in order to derive and measure the travel or angle.
- Digital encoders are not subject to mechanical wear.
- In conjunction with digital controllers there are no drift effects.
- If Hall sensor signals of an EC motor are used for control, this corresponds to an encoder with low resolution.

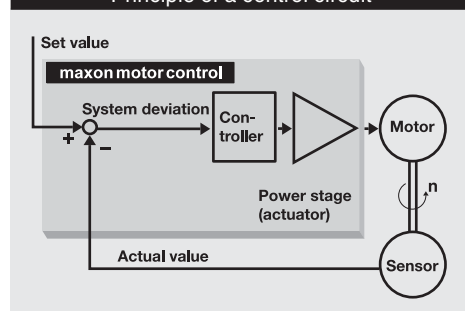
## IxR compensation

The motor is provided with a voltage that is proportional to the applied speed set value. The speed would drop with increasing motor load. The compensation circuitry increases the output voltage with increasing motor current. The compensation must be adjusted to the terminal resistance of the motor which depends on temperature and load.

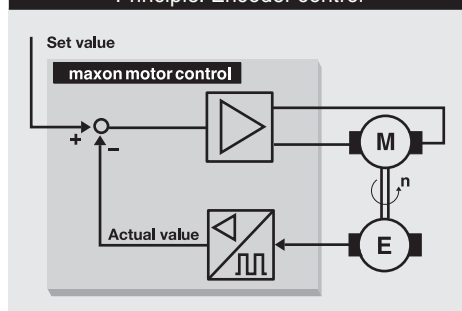
The attainable speed precision of such a system is subject to limits in the percent range.

- Favorably priced and space-saving
- No tacho-generator or encoder required
- Less precise control when there is a load change
- Only analog speed control possible
- Ideal for low-cost applications without high demands on speed accuracy

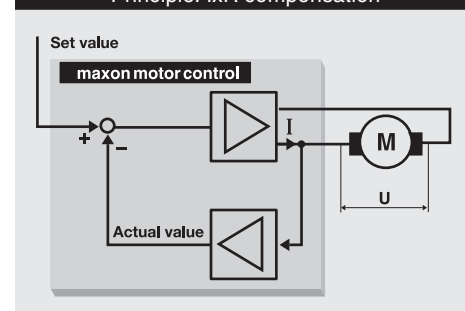
Principle of a control circuit



Principle: Encoder control



Principle: IxR compensation





## DC tacho control

The motor must be equipped with a DC tachometer that provides a speed proportional signal. In the maxon modular system, the tachometer rotor is mounted directly on the through motor shaft, resulting in a high resonant frequency.

- Classical solution of a very precise control
- Limited service life of the DC tacho generator
- Not suitable for positioning tasks
- Only for analog controllers
- Only for DC motors
- Ideal for stringent demands on speed dynamics

## Operating quadrants

### 4-Q operation

- Controlled motor operation and braking operation in both rotation directions
- A must for positioning tasks

### 1-Q operation

- Only motor operation (Quadrant I or Quadrant III)
- Direction reverse via digital signal
- Typical: amplifier for EC motors

## Power amplifiers

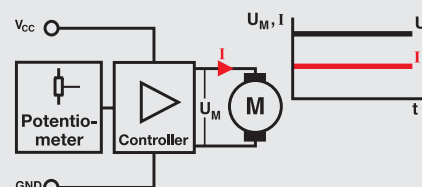
One of the following two principles to control the power stage transistors is used in maxon controllers:

### Linear power stage

The operating voltage is divided between the motor and the power amplifier. The controller changes the voltage on the motor ( $U_M$ ) linearly and proportionally. The voltage applied to the power amplifier ( $U_T$ ) causes power dissipation

- High currents and low motor voltages cause significant power dissipation
- Simple and favorably priced design of the power amplifier

#### Principle: Linear power amplifier



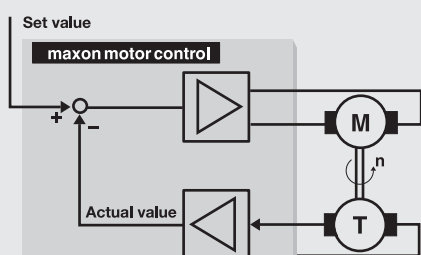
### Pulsed power stage (PWM)

The controller switches the motor on and off in short intervals (pulses/cycles). If the off interval is longer, the motor loses speed. The decisive average value of the voltage changes in relation to the on-to-off time. Only little energy is converted into heat.

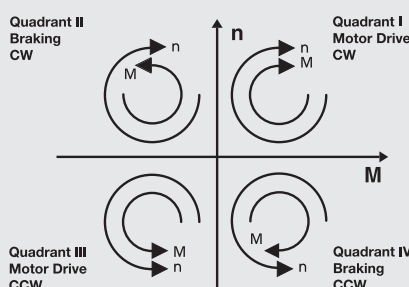
- More expensive power amplifier
- High efficiency

For further explanations, please see page 279.

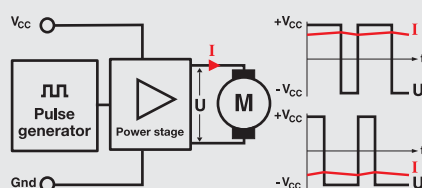
#### Principle: DC tachometer control



#### Operation quadrants



#### Principle: Pulsed power amplifier



# maxon motor control

## Tecnología – breve y conciso

El programa **maxon motor control** incluye servoamplificadores de control para los motores de reacción rápida maxon DC y EC.

### Programa

- Servoamplificadores 4-Q para motores CC
- Control motores EC sin sensores
- Servoamplificadores 1-Q y 4-Q para motores EC
- Controladores de posición para motores CC y EC

#### Tipo de motor

- maxon DC motor
- maxon EC motor con o sin sensores

#### Tipo de control

- Velocidad
- Posición
- Corriente

#### Realimentación

- Encoder
- Tacodinamo CC
- Compensación I x R
- Sensores Hall

#### Amplificadores de potencia

- Linear
- Pulsante (PWM)
- 1 cuadrante
- 4 cuadrantes

#### Tecnología del circuito

- Digital
- Analógica

## Variables controladas

### Control de velocidad

La principal función de estos servoamplificadores es mantener una velocidad predeterminada tan estable como sea posible, independientemente de las fluctuaciones en la carga. Los circuitos electrónicos comparan constantemente la velocidad de control (deseada) con la velocidad actual (real). El controlador detecta esta diferencia y la compensa actuando sobre la etapa de potencia. Esto es un control de velocidad de bucle cerrado.

### Control de posición

De la misma manera que un control de velocidad, el control de posición asegura que la posición medida coincida con la posición deseada, gracias a la información que recibe de un encoder digital.

### Control de corriente

El control de corriente proporciona al motor la intensidad correspondiente a una señal dada. Consecuentemente el par del motor cambia siguiendo el valor de esta señal de control. El control de corriente mejora las prestaciones de un sistema superior de control de posición o velocidad.

## Control por encoder digital

El motor está equipado con un encoder digital que entrega un determinado número de pulsos por vuelta. El sentido de giro se detecta mediante los pulsos de onda cuadrada de los canales A y B que están desfasados 90°.

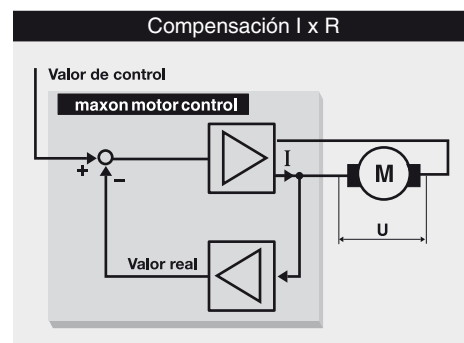
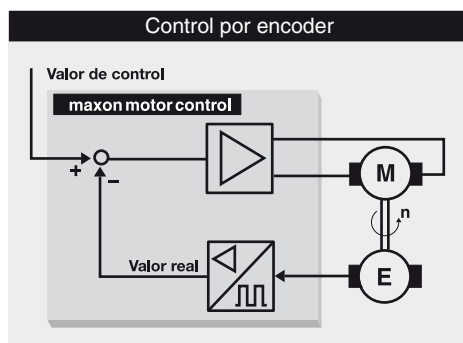
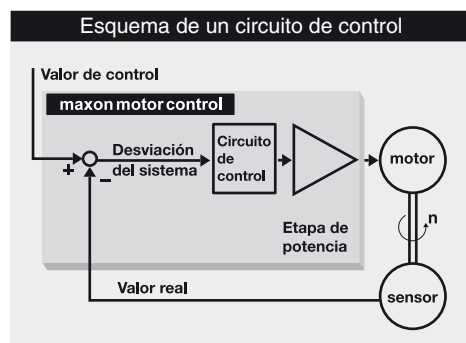
- Los encoders digitales se utilizan en controles de posición para detectar un desplazamiento o medir un ángulo.
- Los encoders digitales no están sujetos a desgaste ni a deslizamiento.
- En conjunción con reguladores digitales no hay efectos de deriva.
- Si se utilizan las señales de los sensores de efecto Hall para el control, éstas equivalen a un encoder de baja resolución.

## Compensación I x R

Se suministra al motor un voltaje que es proporcional al valor de la señal de control de velocidad. Si la carga aumenta, la velocidad de giro disminuye. El circuito de control reacciona aumentando el voltaje de salida y la corriente en el motor. Esta compensación debe de estar ajustada a la resistencia interna del motor, la cual depende de la temperatura y de la carga aplicada.

La precisión de la regulación de la velocidad se reduce.

- Precios favorables y espacio reducido
- No requiere encoder o tacodinamo
- Control menos preciso cuando cambia la carga
- Sólo control de velocidad
- Ideal para aplicaciones de bajo costo que no exijan mucha precisión en el control de la velocidad







## Control por tacodinamo CC

El motor tiene que estar equipado con una tacodinamo CC que proporciona una señal proporcional a la velocidad. En el sistema modular maxon el rotor de la tacodinamo se monta directamente sobre el eje pasante del motor lo que resulta en una alta frecuencia de resonancia

- Solución clásica con control muy preciso
- Limitado por la vida útil del tacogenerador CC
- No apto para posición
- No es digital
- Ideal para elevadas exigencias en la dinámica de la velocidad de giro

## Cuadrante de funcionamiento

### Funcionamiento 4-Q:

- Funcionamiento controlado del motor acelerando y frenando en los dos sentidos de giro
- Necesario para posicionamiento

### Funcionamiento 1-Q:

- Sólo aceleración del motor (Cuadrante I o III)
- Señal digital de inversión de giro
- Típico: amplificador para motores EC

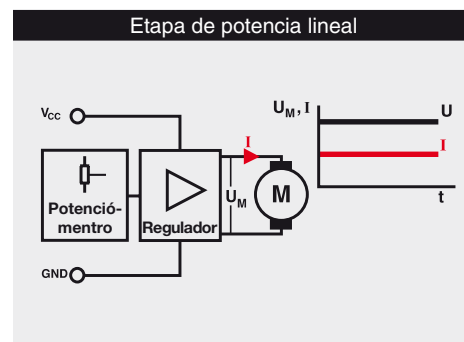
## Amplificadores de potencia

En los transistores de la etapa de potencia de los controles maxon se usa uno de estos dos principios:

### Etapa de potencia lineal

El voltaje de alimentación se divide entre el motor ( $U_M$ ) y el amplificador. El control cambia el voltaje del motor lineal y proporcionalmente. El voltaje aplicado al amplificador ( $U_T$ ) causa disipación de calor.

- Las corrientes elevadas y los voltajes bajos crean una importante disipación de calor
- Amplificador de potencia de diseño simple y precio favorable



### Etapa de potencia pulsante (PWM)

El control conmuta al motor encendido/apagado en ciclos o pulsos muy cortos. Si el intervalo de apagado es más largo, el motor pierde velocidad. Lo que cuenta es la media del valor de voltaje la cual está en relación con el tiempo de encendido/apagado. Sólo una pequeña parte de la energía se convierte en calor.

- Etapa de potencia más cara
- Alta eficiencia

Para más explicaciones, vea la pág. 289.

