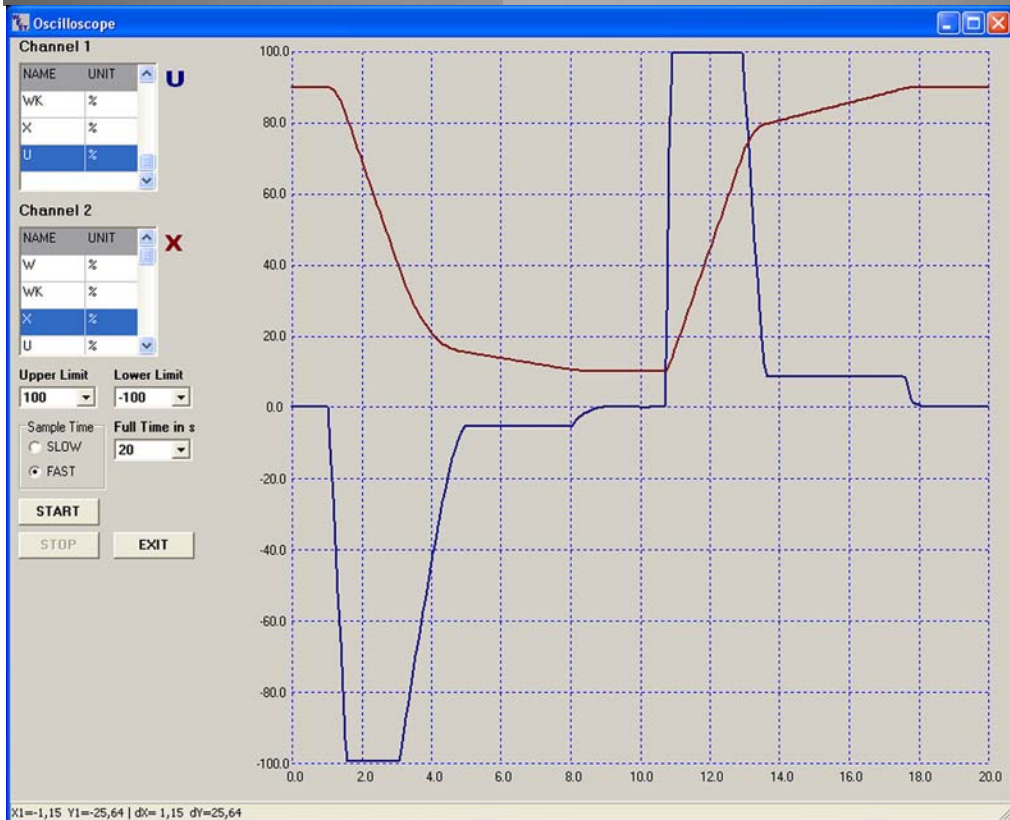


HYDRAULISCHE POSITIONIERSTEUERUNGEN

Version 2



Inhalt:

HYDRAULISCHE POSITIONIERSTEUERUNGEN	1
Einleitung	3
Auswahl des geeigneten Moduls	3
Positioniergenauigkeit	4
Elektrische Signalauflösung	4
Maximale Geschwindigkeit	5
Hub	5
Einfluss hydraulischer Komponenten	6
Vereinfachte Berechnung hydraulischer Zylinderantriebe	7
Die Module	8
POS-121	9
POS-122	11
POS-123	11
POS-127	12
POS-128	13
Mehrachssysteme	14
Fehlerberechnung an Gleichlaufregelsysteme	14
CSC-152	15
Ankopplung der Positioniersteuerungen an einen Feldbus (PROFIBUS)	18

EINLEITUNG

Die Auswahl einer geeigneten Positioniersteuerung gestaltet oft als ein schwieriger Akt. Dabei sind es nicht die Geräte, sondern die Anforderungen die möglichst genau definiert werden müssen, welche die Auswahl problematisch erscheinen lassen.

Ein falsch ausgewähltes Produkt macht die Anwendung meisten dann durch zu hohe Kosten - entweder durch die Produktkosten oder durch die Inbetriebnahmekosten - unrentable.

Mit unserer Produktfamilie bieten wir für die hydraulischen Anwendungen ein breites Programm. Dieser Artikel beschreibt neben einigen Grundlagen hydraulischer Positionierantriebe den Funktionsumfang der Steuerungen wodurch die Sicherheit beim Einsatz erhöht und Folgekosten verringert werden.

Auswahl des geeigneten Moduls

Um ein Positioniermodul auszuwählen muss man als erstes das Anforderungsprofil, das durch die Anwendung definiert wird, analysieren.

Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

- **Benötigte Positioniergenauigkeit:** überhöhte Anforderungen steigern die Kosten, zu geringe Anforderungen machen das System unbrauchbar.
- **Maximale Geschwindigkeit:** betrifft die hydraulische Systemauslegung, je höher die Geschwindigkeit um so besser muss die Ventiltechnik bei gegebener Positioniergenauigkeit sein.
- **Hub:** wird konstruktiv vorgegeben
- **Wiederholgenauigkeit / absolute Genauigkeit:** wird durch das Anforderungsprofil definiert.
- **fixe oder variable Zielpositionen:** in Maschinen für die Serienfertigung sind fixe Zielpositionen, in Sondermaschinen eher variable Zielpositionen vorteilhaft.
- **fixe oder variable Geschwindigkeit:** Hilfsfunktionen und Transportbewegungen fahren meist mit fixen (maximalen) Geschwindigkeiten, Bearbeitungsachsen und Pressen benötigen variable Geschwindigkeiten.
- **eine Achse oder mehrere im Gleichlauf:** wird durch das Anforderungsprofil definiert. Bei Systemen im Gleichlauf sind neben den Positionsfehlern noch die dynamischen Gleichlauffehler zu berücksichtigen.
- **Schnittstelle zur Maschinensteuerung:** wird durch die verwendete Maschinensteuerung definiert. Bei einfachen Maschinen ist die analoge Schnittstelle noch Standard, bei komplexen Maschinen kommt der Feldbus zum Einsatz. Die Grenzen sind fließend und werden von den aktuellen Kosten stark beeinflusst.
- **Einbaubedingungen:** Normalerweise im Schaltschrank im Steuerungsteil. IP65 Geräte werden eher in mobilen Anwendungen verwendet. Robuste Geräte für den Feldeinsatz (IP65) sind konstruktiv aufwändiger und teurer. Hier ist im Einzelfall zu entscheiden welche Gehäusetechnik zu verwenden ist.
- **Ventiltechnik:** Betrifft in erster Linie die mögliche Positioniergenauigkeit und die Hubzeit (Geschwindigkeit). Stetigventil mit integrierter Elektronik sind bei höheren Anforderungen den einfacheren Ventilen vorzuziehen.

Positioniergenauigkeit

Bei den Positioniersteuerungen sind meistens die Positioniergenauigkeit und die maximale Geschwindigkeit die entscheidenden Faktoren. Da die Geschwindigkeit einen unmittelbaren Einfluss auf die Genauigkeit hat sind diese Punkte zusammenhängend zu betrachten. Die Positioniergenauigkeit wird in erster Linie von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Elektrische Signalauflösung
- maximale Geschwindigkeit
- Verhalten des hydraulischen Systems (mögliche Geschwindigkeitsauflösung)
- Hub des Zylinders
- Wiederhol- / absolute Genauigkeit

Elektrische Signalauflösung

Die Signalauflösung bei analogen Sensoren kann theoretisch als unendlich angenommen werden. In der Praxis ist sie durch Störungen auf den analogen Signalleitungen eingeschränkt. Messungen haben ergeben, dass (unter guten elektrischen Bedingungen¹) es bei unseren digitalen Regelmodulen bei 1 mV Änderung am Sollwert auch zu 1 mV Änderung am Istwert kommt (Wiederholgenauigkeit). In realen Kundenanwendungen wurden sogar noch bessere Werte gemessen. D. h., die Signalauflösung ist besser als 1:10000.

Im Normalfall kann diese Auflösung aber nicht „eins zu eins“ auf die Positioniergenauigkeit umgerechnet werden. Mit analogen Sensoren ist typischerweise eine Wiederholgenauigkeit² von 1:1000 bis 1:5000 von der Sensorlänge erreichbar. Die absolute Genauigkeit ist aber deutlich schlechter und kann mit 1:500 bis 1:1000 von der Sensorlänge als maximal erreichbarer Wert angenommen werden³.

Das bedeutet: insbesondere bei längeren Hüben und sehr hohen Positioniergenauigkeiten sollte eine digitale Sensorschnittstelle⁴ verwendet werden. Wir bieten bei unseren Positioniermodulen eine SSI (Synchron-Serielles-Interface) Schnittstelle an. Die Auflösung dieser Signale ist

¹ Gute elektrische Bedingungen sind sehr schwer zu definieren. Die gemessenen Positionsänderungen von 1 mV sind unter optimalen Bedingungen ermittelt worden. In der Praxis ist aber mit einem Signalrauschen im Bereich von 20 mV bis zu 50 mV zu rechnen (Positionsauflösung: 1/200 bis 1/500). Da das Signalrauschen eine hochfrequente Charakteristik hat und oft symmetrisch ist, kann es gut gefiltert werden, wodurch sich der Einfluss minimiert.

In unseren Modulen verwenden wir zusätzlich zum hochauflösenden AD-Wandler noch ein optimiertes Verfahren des Oversamplings (Überabtasten). Dabei wird das Signal zehnmal innerhalb kürzester Zeit gemessen, der höchste und der niedrigste Werte werden entfernt und aus den verbleibenden acht Werten wird der Mittelwert gebildet. Das Ergebnis sind fast drei Bit höhere Signalaufösungen. Dies funktioniert nur mit einer auf das Verfahren abgestimmten Signalfilterung. Ein weiterer Vorteil ist, dass bei diesem Verfahren stochastische Störungen wirksam verringert werden. Die Anzahl des Oversamplings liegt zwischen 4fach bis 16fach abhängig vom Modul.

² Die Wiederholgenauigkeit (Reproduzierbarkeit) ist, wenn eine Position immer mit dem gleichen Sollwert (unabhängig von der Richtung) angefahren wird.

Z. B.: Ein Zylinder hat einen Hub von 1000 mm und wir geben einen Sollwert von 6 V vor. Infolge dieses Sollwertes sollte der Antrieb auf 600 mm fahren. Durch Linearitätsfehler in unseren Modulen, den Sensoren und dem analogen Ausgang der Maschinensteuerung fährt der Antrieb auf eine Position von 604 mm (zwischen 603 mm und 604 mm). Dies bedeutet, dass ein absoluter Fehler von 0,4% vorliegt. Die Achse fährt aber bei jedem Positioniervorgang auf 603 mm oder 604 mm. Somit liegt die Wiederholgenauigkeit bei 1 mm was 0,1 % vom Hub bzw. $\pm 0,5 \text{ mm}$ ($\pm 0,05\%$) entspricht.

³ Durch eine entsprechende Eingangssignalskalierung kann die Genauigkeit weiter erhöht werden.

⁴ Mit einer digitalen Sensorschnittstelle und einem digital arbeitenden Sensor ist eine hohe Positionsauflösung unabhängig vom Hub möglich.

hubunabhängig und geht bis zu einem μm^5 . Idealerweise wird dann auch der Sollwert entweder intern programmiert (POS-122) oder extern über eine digitale Schnittstelle⁶ vorgegeben.

Wird der Sollwert weiterhin analog vorgegeben so verbessert sich die absolute Positioniergenauigkeit nur geringfügig, während die Wiederholgenauigkeit deutlich steigt.

Dies kann insbesondere bei Gleichlaufsystemen von Interesse sein, wo es nicht unbedingt auf eine hohe absolute Genauigkeit ankommt wohl aber auf eine hohe Genauigkeit zwischen den einzelnen Achsen.

Mit unseren CSC-152SSI Gleichlaufregelmodulen ist dies möglich, die Position wird digital erfassen und für die Gleichlaufregelung über einen CAN-Bus den anderen Modulen zur Verfügung gestellt.

Abschließend kann man definieren, bis zu einer Positioniergenauigkeit von ca. 1:1000 der Sensorlänge kann ein analoger Sensor eingesetzt werden. Bei dem Bereich zwischen 1:1000 und 1:5000 sollten die Anforderungen und die Kosten genau analysiert werden um die optimale Lösung zu finden. Bei einer Genauigkeitsanforderung von besser als 1:5000 ist in jedem Fall eine durchgängige digitale Signalaufbereitung von Soll- und Istpositionen notwendig.

Maximale Geschwindigkeit

Die maximale Geschwindigkeit des Antriebs hat ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die erreichbare Genauigkeit.

Jeder Antrieb arbeitet mit einem typischen Fehler, der von den verwendeten Komponenten abhängt. Soll z. B. mit einer definierten Geschwindigkeit von 250 mm/s gefahren werden, so wird diese Geschwindigkeit nur mit diesem typischen berechenbaren Fehler⁷ gefahren. Dieser Geschwindigkeitsfehler wirkt sich unmittelbar auf die Positioniergenauigkeit aus. Und zwar proportional zu der theoretisch maximalen Fahrgeschwindigkeit.

Somit ist ein langsamer Antrieb (geringe Geschwindigkeit) wesentlich genauer als ein schneller Antrieb⁸. Bei Geschwindigkeiten von 1 m/s sind Positioniergenauigkeiten von 1 μm fast nur theoretisch erreichbar. Die Signalaufösung (Ventil und Steuerung) muss deutlich besser als 1/10000 (besser als 0,01%) sein.

Hub

Der Hub hat insbesondere einen Einfluss auf die Genauigkeit bei analogen Wegmesssystemen. Wie schon unter Signalaufösung besprochen nimmt die Positioniergenauigkeit bei langen Hübten ab. Bei digitalen Sensorschnittstellen dieser Einfluss nicht bzw. nur gering vorhanden.

⁵ Intern arbeiten die Module mit 1 μm . Zur Anzeige und zur Auswertung begrenzen wir aber die Auflösung auf 0,01 mm. Für den hydraulischen Antrieb ist dies ein ausreichender Wert.

⁶ Hier stehen verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl:

- 1.) über die RS232 Schnittstelle, wobei das Modul in einem Remote Control Modus umgeschaltet wird.
- 2.) über den CAN-Bus
- 3.) über den Profibus DP
- 4.) über Ethernet IP

⁷ Dieser Fehler wird weitestgehend durch die Signalaufösung des hydraulischen Antriebs bestimmt. Er hat einen typischen Bereich von 1:40 bis 1:10000 abhängig von der verwendeten Ventiltechnik und dem Reibverhalten der mechanischen Komponenten. Erst ab Auflösungen von 1:4000 ist auch die Signalqualität des verwendeten DA-Wandlers zu berücksichtigen.

⁸ Es spielt dabei keine Rolle wie schnell gerade gefahren wird, sondern die theoretisch maximale Geschwindigkeit ist ausschlaggebend.

Ein weiterer Punkt muss jedoch bei der Mechanik beachtet werden. Je länger ein System ist umso leichter kann es zum Schwingen neigen und umso schlechter wird das dynamische Verhalten. Dies gilt besonders bei hydraulischen Zylinderantrieben bei denen sich die beiden mit Öl gefüllten Kammern wie zwei Federn mit geringer Reibung verhalten.

Einfluss hydraulischer Komponenten

Wie schon unter den verschiedenen Punkten angesprochen haben die hydraulischen Systeme einen erheblichen Einfluss auf die Positioniergenauigkeit⁹. Dabei ist das **Reibverhalten** des Antriebs und der Mechanik sowie die **mögliche Signalauflösung** des Stetigventils und deren **Linearität** zu beachten.

Das Reibverhalten der Mechanik ist vom Maschinenbau abhängig und das Reibverhalten des Zylinders von den verwendeten Dichtungen¹⁰.

Die **mögliche Geschwindigkeitsauflösung** lässt sich von der Hysterese / Umkehrspanne¹¹ des Ventils ableiten. Bei der Linearität ist die Ventilkennlinie und auch eine eventuelle **positive Totzone** (mechanische Überdeckung in Mittelstellung¹²) von entscheidendem Einfluss.

Die **Kraftverstärkung** ist eine weitere wichtige Kenngröße wenn unter einer definierten Lastkraft positioniert werden soll. Für die Beurteilung ist die Druckverstärkungscharakteristik bei Nullschnittventilen entscheidend¹³.

Das **dynamische Verhalten** des kompletten Antriebsystems bestimmt die mögliche Reglerverstärkung. Je geringer die Dynamik ist, umso geringer ist die Reglerverstärkung woraus sich ein schlechteres Positionierverhalten, geringere Beschleunigungswerte und eine höhere Schwingneigung ergeben¹⁴.

Zusammenfassend kann man sagen, dass bei Antrieben die hydraulisch für eine sehr hohe Genauigkeit (1 µm bis 10 µm) ausgelegt wurden die elektrische Signalverarbeitung einen entscheidenden Einfluss hat. Bei Antrieben mit geringeren Genauigkeitsanforderungen (200 µm bis 1000 µm) und oft hohen Geschwindigkeiten werden die Grenzen durch den Antrieb selbst gesetzt. Eine statische und dynamische Berechnung dieser Achsen sollte einer jeden Anwendung vorangehen. Diverse Hilfsmittel stellen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

⁹ Gegenüber elektrischen Antrieben die mit einem unterlagerten Geschwindigkeitsregelkreis arbeiten und so nichtlineares Komponentenverhalten kompensieren, wirkt sich z. B. eine externe Kraft unmittelbar auf die Geschwindigkeit aus. Dies hat insbesondere einen Einfluss auf Bahnsteuerungen als auch auf Gleichlaufregelungen.

Die externe Kraft verändert die Streckenverstärkung wodurch der Nachlauffehler variiert.

¹⁰ Insbesondere bei geringen Geschwindigkeiten neigen viele Antriebe zu einem ungleichmäßigen Fahrverhalten. Dies ist oft auf den durch Reibung zurückzuführenden Stick-Slip Effekt begründet.

¹¹ Die Daten für die Hysterese bzw. der Umkehrspanne werden in % angegeben. Die Ventilauflösung entspricht etwa 100% dividiert durch die Umkehrspanne oder 100% dividiert durch die halbe Hysterese. Bei einer Umkehrspanne von 1 % ergibt sich ein Auflösungsbereich von 1:100.

¹² Positiv überdeckte Stetigventile positionieren typischerweise schlechter als Regel- oder Servoventile. Mit einem entsprechenden Einstellaufwand können aber dennoch sehr gute Ergebnisse (mit dem Vorteil der niedrigeren Kosten) erreicht werden.

¹³ Bei einem typischen Regelantrieb mit einer ausreichenden Druckreserve kann mit einem Gesamtfehler (Hysterese und Druckverstärkung), bezogen auf das Stellsignal, von ca. 1 % näherungsweise gerechnet werden.

¹⁴ Größerer Hub, größere Masse, lange Rohrleitungen verschlechtern das System. Größerer Zylinderdurchmesser verbessert die Dynamik. Dabei ist aber auch die Ventildynamik zu beachten. Je größer der benötigte Volumenstrom wird, umso geringer wird die Ventildynamik sein. Das möglichst kleineren Ventil (CETOP Größe) sollte immer bevorzugt werden.

Vereinfachte Berechnung hydraulischer Zylinderantriebe

Bei dieser Berechnung handelt es sich um eine vereinfachte Berechnung die weder spezielle Zylinder bzw. spezielle hydraulische Schaltungen berücksichtigt. Es wird aber eine gute Annäherung der dynamischen Kenndaten an einen realen Antrieb erreicht, wodurch die Auslegungssicherheit erheblich verbessert werden kann¹⁵.

Berechnungsbeispiel:

Eingabedaten:

- 800mm Hub,
- 50mm Kolbendurchmesser
- 150 Kg Masse
- Regelventil mit 65 Hz Eigenfrequenz, 40 L/min @ 35 bar
- Geschwindigkeit 300 mm/s
- Versorgungsdruck 70 bar
- Summe der Fehler (Error) 1 % (Ventilfehler und ca. 40 % der möglichen Lastkraft)

Ergebnisse:

- Eigenfrequenz Zylinder=**32 Hz**
- Kreisfrequenz Antrieb= **202 1/s**
- Kreisverstärkung= **24 1/s**
oder als Kv Faktor= **1,4 m/min/mm**
- Reglerverstärkung= **58 V/V**
- Nachlauffehler= **13,6 mm**
- Positionsfehler= **0,14 mm**

Der Nachlauffehler ist abhängig von der Kreisverstärkung und der Geschwindigkeit¹⁶, der Positionsfehler ist abhängig von dem Nachlauffehler und dem ERROR Wert. Bei lastfreiem Positionieren würde dieser Fehler bei ca. 0,03 mm liegen.

¹⁵ Diese Berechnungen stehen als Programm sowohl für einen HP48 als auch auf EXCEL kostenlos (auf Anfrage) zur Verfügung. Gegenüber komplexen Berechnungsprogrammen lassen sich mit diesen Berechnungen die Kenndaten wie Eigenfrequenz, Kreisverstärkung, Nachlauffehler, Positioniergenauigkeit und der maximalen Geschwindigkeit abschätzen. Bei der Geschwindigkeit ist es nur eine grobe Abschätzung, da hier keine Staudrücke berücksichtigt werden.

¹⁶ Die Geschwindigkeit bzw. der Volumenstrom wird Anhand des Versorgungsdruckes, des Nennvolumenstroms und des Kolbendurchmessers berechnet. Staudrücke und Lastkräfte werden bei dieser vereinfachten Auslegung nicht berücksichtigt.

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$\omega_z = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{OEL} \cdot A}{m \cdot s}}$$

$$F_z = \frac{\omega_z}{2 \cdot \pi}$$

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{\frac{1}{F_z} + \frac{1}{F_v} + \frac{1}{250Hz}}$$

$$V_0 = \frac{\omega_0}{5}$$

$$K_R = \frac{V_0}{v} \cdot Hub$$

$$e_v = \frac{v}{V_0}$$

$$e_p = e_v \cdot \frac{Error}{100\%}$$

$$Q = A \cdot v$$

$$Q_N = Q \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_N}{P_0}}$$

m = Masse in Kg
 A = Fläche in cm²
 D = Zylinderdurchmesser in mm
 E_{OEL} = Kompressionsmodul in bar
 (typisch 12500 bar)
 $Error$ = Summe der Ventilfehler in %
 F_z = Eigenfrequenz des Zylinders in Hz
 F_v = Eigenfrequenz des Ventils
 (bei ca. 50 % Amplitude) in Hz
 s = Zylinderlänge in mm
 K_R = Reglerverstärkung in V/V
 P_N = Nenndruckabfall pro Kante in bar
 P_0 = Versorgungsdruck in bar
 Q = Volumenstrom in L/min
 Q_N = Nennvolumenstrom in L/min
 v = Geschwindigkeit in mm/s
 V_0 = Kreisverstärkung in 1/s
 ω_0 = Kreisfrequenz des Antriebs in 1/s
 ω_z = Kreisfrequenz des Antriebs in 1/s
 e_v = Nachlauffehler in mm
 e_p = Positionsfehler in mm

Die Module

Um nun das geeignete Modul auszuwählen sind die Anforderungen der Maschinen zu Berücksichtigen. Folgende Module stehen zurzeit zur Verfügung:

POS-121
 POS-122
 POS-123
 POS-127
 POS-128
 CSC-151
 CSC-152



Die diversen Funktionen und Besonderheiten die für alle Module gelten werden als erstes zusammenhängend beschrieben.

Alle Module arbeiten nach dem Prinzip des wegabhängigen Bremsens. Das bedeutet, wir beschleunigen und fahren den Antrieb gesteuert und gehen erst während der Bremsphase in den geregelten Zustand über.

Dies bietet insbesondere bei hydraulischen Antrieben deutliche Vorteile¹⁷.

Weiterhin haben alle Module ein ± 10 V Ausgangssignal realisiert als aktiver Differenzausgang. Das heißt, die Module liefern zwei positive analoge Spannungen von 0... 10 V an den Anschlüssen PIN 15 und PIN 16. Ist die Spannung an PIN 15 größer als an PIN 16 so ist die Differenzspannung positiv. Ist die Spannung an PIN 16 größer als an PIN 15 so ist die Differenzspannung negativ. Praktisch alle am Markt erhältliche Stetigventile verfügen über einen Differenzeingang und können somit direkt an unseren Modulen angeschlossen werden.

Alternativ sind die Module mit einem 4... 20 mA Ausgang oder einem Leistungsverstärker zur direkten Ansteuerung von Stetigventilen verfügbar.

Die integrierbare Leistungsendstufe bietet dabei eine kosteneffektive und kompakte Lösung. Zu beachten ist, dass nur Stetigventile ohne LVDT (Kolbenpositionsrückführung) ansteuerbar sind. Da diese Ventile meist eine schlechtere Geschwindigkeitsauflösung aufweisen ist die Positioniergenauigkeit gegenüber dem analogen Ausgang (Ansteuerung eines Regelventil mit integrierter Elektronik) begrenzt.

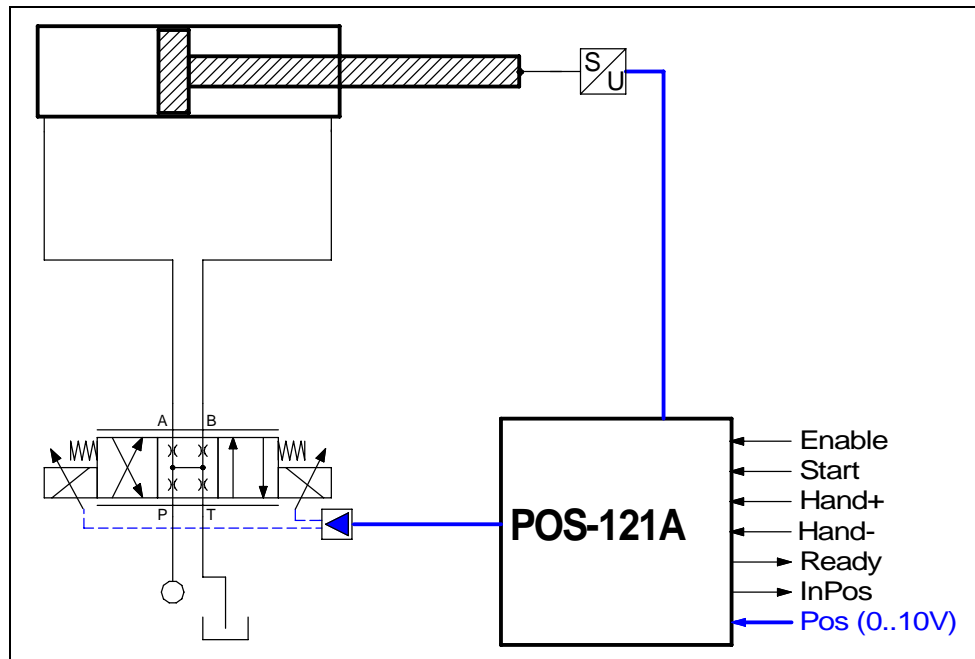
Die analogen Signaleingänge können als 0... 10 V oder als 4... 20 mA verwendet werden. Durch die verwendete Schaltungstechnik erreichen wir eine recht hohe Symmetrie zwischen den beiden Eingängen. Die Umschaltung zwischen Strom und Spannung erfolgt per Software in allen Modulen ist zur Signalskalierung eine lineare Gleichung hinterlegt, die über die Parameter Verstärkung und Offset vom Anwender parametrisiert werden kann. Durch die hohe Signalauflösung und Linearität können Genauigkeiten von 1 mV (entspricht 0,01%) erreicht werden.

¹⁷ Wir können bei dieser Reglerstruktur mit 100% Geschwindigkeit und mit sehr kurzen Beschleunigungszeiten fahren, Druckschwankungen und hydraulische Schaltvorgänge werden problemlos verkraftet. Sie haben keinen bzw. einen sehr geringen Einfluss auf die Stabilität des Regelkreises

Die Parametrierung der verschiedenen Geräte ist nahezu identisch, so dass ein Umstieg auf ein anderes Modul sehr einfach ist.

POS-121

Dieses Positioniermodul bietet eine einfache Ansteuerung über analoge Signale für den Soll- und den Istwert.



Diese Signale können als 0... 10 V oder mit 4... 20 mA ausgeführt werden. Nach Möglichkeit sollten beide Signale gleich sein (entweder Spannung oder Strom) um eine möglichst hohe Linearität sicherzustellen.

Das Modul wird über vier Schaltsignale gesteuert.

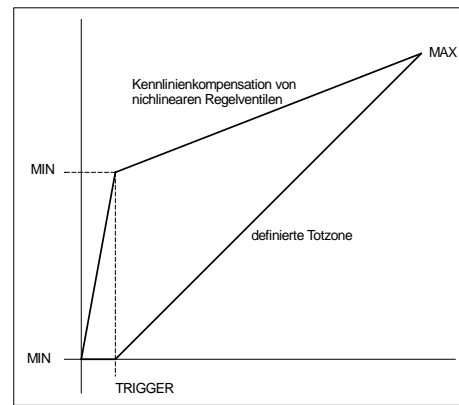
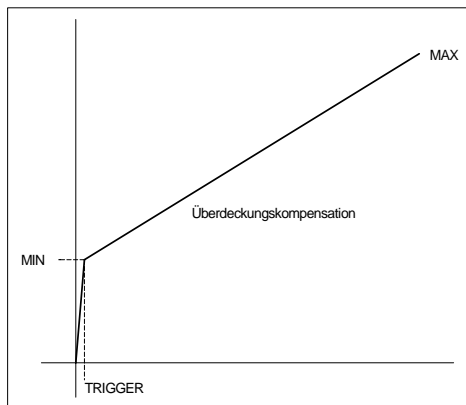
- **ENABLE:** Allgemeine Freigabe, intern wird der Sollwert gleich dem Istwert gesetzt. Der Regler ist aktiv und hält den Antrieb in der aktuellen Position.
- **START (RUN):** Die analoge Sollwertvorgabe wird frei geschaltet. Der Antrieb fährt unmittelbar zur neuen Zielposition.
- **HAND+** und **HAND-:** Der Antrieb kann über diese beiden Schalteingänge mit definierter Geschwindigkeit gefahren werden. Diese Betriebsart ist nur bei deaktiviertem START (RUN) möglich. Wird der HAND Eingang abgeschaltet so wird intern der Istwert als Sollposition übernommen und der Antrieb bleibt geregelt stehen.

Die Rückmeldung erfolgt über zwei Schaltausgänge:

- **READY:** Aktiv bei aktiven **ENABLE** Eingang und wenn kein interner Fehler bzw. kein Sensorfehler vorliegt.
- **STATUS:** Entspricht dem **INPOS** Signal welches über das **INPOS** Kommando parametrierbar ist. Der Ausgang ist Aktiv wenn die Achse innerhalb des Positionsfensters ist und das **START (RUN)** Signal liegt an.

Der Positioniervorgang wird über die Parameter **A, D, CTRL, MIN, MAX** und **TRIGGER** gesteuert.

- **A:A** und **A:B**:
Acceleration (Beschleunigung) abhängig von der Bewegungsrichtung. Diese Werte werden in ms vorgegeben. Der typische Bereich für hydraulische Antriebe liegt bei 50... 250 ms. Bedingt durch den zu regelnden Prozess sind aber auch längere Zeiten möglich.
- **D:A** und **D:B**:
Deceleration (Verzögerung) abhängig von der Bewegungsrichtung. Dieser Wert wird in 0,01%¹⁸ vom Hub vorgegeben. Der typische Bereich liegt zwischen 500... 2500 (5 %... 25 %). Anhand des Bremsweges und der Bremscharakteristik (**CTRL** Kommando¹⁹) berechnet sich die Reglerverstärkung.
- **CTRL = LIN**: Reglerverstärkung = 10000 / Bremsweg (D Wert)
- **CTRL = SQRT1**: Reglerverstärkung = 30000 / Bremsweg (D Wert)
- **CTRL = SQRT2**: Reglerverstärkung = 50000 / Bremsweg (D Wert)



- **MAX:A** und **MAX:B**: Mit diesem Kommando kann richtungsabhängig die maximale Geschwindigkeit begrenzt bzw. die Ventilansteuerung auf die maximale Geschwindigkeit²⁰ begrenzt werden.
- **MIN:A, MIN:B** und **TRIGGER**: Anhand dieser Parameter kann einmal die Ventilüberdeckung²¹ kompensiert werden. Genauso sind aber auch nichtlineare Ventilkennlinien anzupassen sowie definierte Totzone²² generierbar.

¹⁸ Der Hub wird als 100% in 0,01% Einheiten aufgeteilt. Das heißt, 10000 entspricht 100%. Alle Eingaben haben diese Skalierung.

¹⁹ Über das CTRL Kommando wird die Bremscharakteristik definiert. LIN bedeutet über den Hub eine lineare Bremskurve, mit SQRT1 und SQRT2 wird eine quadratische Zunahme der Reglerverstärkung definiert. Dies kommt besonders nichtlinearen Stetigventilen entgegen und verbessert das Positionierverhalten und die Positionierzeit erheblich. Um Instabilitäten zu vermeiden und ein weiches Fahren in die Position zu ermöglichen wird die Verstärkungszunahme begrenzt (SQRT1 = Faktor 3 und SQRT2 = Faktor 5).

²⁰ Ist das Ventil überdimensioniert, so wird die maximale Geschwindigkeit meist durch die Pumpenfördermenge begrenzt. Das bedeutet, wird das Ventil von 100 % Öffnung geschlossen, so verringert sich die Geschwindigkeit erst ab dem Punkt, an dem die gewollte Drosselwirkung einsetzt (Ventilvolumenstrom kleiner als der Pumpenvolumenstrom). Dieser Punkt kann in der Praxis durchaus bei nur 50 % Öffnung liegen. Durch dieses Verhalten stimmen weder Beschleunigungszeit noch Bremsweg mit den programmierten Parametern überein. Eine gute MAX Einstellung erleichtert die gesamte Parametrierung des Moduls.

²¹ Beachten sie dabei die Angaben des Ventilherstellers. Bei einer Überkompensation schwingt der Antrieb um die Zielposition. Bei einer Unterkompensation wird die Zielposition nicht bzw. sehr langsam erreicht.

Alle was jetzt noch eingestellt werden muss ist der Regelsinn (die Polarität **POL** + oder -). Führt der Antrieb unmittelbar nach dem ENABLE bzw. START eine Endlage so ist entweder keine korrekte Positionsrückmeldung vorhanden oder die Polarität ist falsch. Die Polarität kann einfach über das POL Kommando geändert werden. Alternativ ist auch ein verdrehen der Anschlüsse 15 und 16 (bzw. bei integrierter Leistungsendstufe ein tauschen der Stecker) möglich. Zu beachten ist dabei, dass auch der Schaltplan dann zu ändern ist. Wird der Handbetrieb genutzt so kann noch über die Kommandos **HAND:A** und **HAND:B** die Handgeschwindigkeit (bis maximal 50 %) eingestellt werden.

POS-122

Die POS-122 baut wie die anderen Baugruppen auf die POS-121 auf. Die besonderen Merkmale der POS-122 sind:

- acht programmierbare und digital abrufbare Sollpositionen
- für jede Sollposition eine zugehörige programmierbare Geschwindigkeit²³
- Geschwindigkeitssteuerung oder Geschwindigkeitsregelung (Nachlaufregelung)
- Sensoreingang 0... 10 V
- Optional: mit SSI Sensorinterface²⁴

Diese Baugruppe ist speziell für Anwendungen mit immer den gleichen Zielpositionen gedacht. Das bedeutet, die Zielpositionen werden während der Inbetriebnahme einmal festgelegt und ändern sich nur selten (z. B.: bei Produktionsumstellung).

POS-123

Die POS-123 wurde gegenüber der POS-121 um folgende Eigenschaften erweitert.

- Geschwindigkeitseingang zur externen Begrenzung der maximalen Geschwindigkeit
- Geschwindigkeitssteuerung oder Geschwindigkeitsregelung (Nachlaufregelung)
- Remote Control über die serielle Schnittstelle

Positionsfehler bei Anwendungen mit positiv überdeckten Stetigventilen sind meist auf eine fehlerhafte Überdeckungskompensation zurückzuführen.

²² Neben einer Totzone kann auch ein Bereich mit geringer Verstärkung ($MIN < TRIGGER$) definiert werden.

Die Defaulteinstellung für den TRIGGER (100... 200) sollte bei linearen Regelventilen ($MIN = 0$) und hoher Positioniergenauigkeit auf Werte zwischen 1... 5 eingestellt werden.

²³ Die Geschwindigkeitsvorgabe kann sowohl als eine einfache Geschwindigkeitsbegrenzung als auch als Geschwindigkeitsprofil (NC-Nachlaufregelung) definiert werden. Bei dem Geschwindigkeitsprofil wird quasi mit geregelter Geschwindigkeit gefahren.

²⁴ Über eine SSI Sensorschnittstelle können Sensoren mit einer Auflösung bis 1µm angeschlossen werden. Gegenüber der guten Wiederholgenauigkeit von analogen Sensoren bieten digitale Sensoren mit SSI Schnittstelle auch eine sehr gute absolute Positioniergenauigkeit.

- Optional: **SSI Sensorinterface**
- Optional: **Profibus DP**
- Optional: **Kompletter PQ Achsregler mit Profibus DP Interface**

Über ein 0... 10 V Signal kann die Geschwindigkeit extern vorgegeben werden. Intern wird die Geschwindigkeit mit dem Kommando **VELO** von 0... 10000 (entspricht 100%) begrenzt. Die interne oder externe Begrenzung kann mit dem Kommando **VS ON** oder **OFF** umgeschaltet werden. Defaulteinstellung ist **OFF** (intern).

Dabei kann einmal mit einer normalen Geschwindigkeitsbegrenzung (Begrenzung des Ausgangsignals) oder mit einer Geschwindigkeitsregelung gearbeitet werden. Die Geschwindigkeitsbegrenzung hat den Vorteil der hohen Stabilität bei Druckschwankungen und hydraulischen Umschaltungen. Die Geschwindigkeitsregelung arbeitet nach dem Prinzip der Nachlaufregelung und ermöglicht eine konstante Geschwindigkeit über den Schleppfehler wie es bei NC-Achsen typisch ist.

Optional lassen sich an diesem Modul SSI Sensoren²⁵ mit hoher Auflösung oder auch ein Profibus DP²⁶ anschließen.

In der Kombination mit SSI-Sensoren und Profibus DP ist die POS-123 eine extern steuerbare NC-Achse, welche die volle Kontrolle der Bewegung durch den Anwender ermöglicht. So werden über den Profibus die Daten der Sollposition, Sollgeschwindigkeit und das Steuerwort übertragen. Jede Änderung der Vorgabewerte wird von dem Modul unmittelbar ausgeführt. Zurückgesendet werden das Statuswort sowie die aktuelle Istposition. Beliebige Profile lassen sich unter der einfachen Kontrolle der Maschinensteuerung realisieren.

Für die typischen Eil-/Schleichgang Bewegungsprofile können zwei Positionen und zwei Geschwindigkeiten über die Feldbusschnittstelle vorgegeben werden.

Die Umschaltung Eil-/Schleichgang oder Schleich-/Eilgang erfolgt im Modul. Mit diesem Funktionsumfang lassen sich fast alle Positionierantriebe ohne Programmieraufwand realisieren.

Eine neue Variante ist die Kombination mit einem Druckbegrenzungsregler zu einer kompletten PQ Achse. Die **PPC-125PDP** ist eine Kombination der POS-123PDP plus der PQ-132A.

POS-127

Diese Baugruppe ist speziell für schnelle Doppelhübe optimiert. Gegenüber der POS-121 wird eine fixe Referenzposition (OT) programmiert. Der analoge Eingang definiert dabei dann den zu fahrenden Hub. Über das **START (RUN)** Signal wird der Zyklus initiiert und der Antrieb fährt den Hub. In der Endposition (UT) kehrt die Achse dann unmittelbar um und fährt zur OT Position. Bei deaktivierten **START** wird ein Doppelhub gefahren. Liegt das **START** Signal konstant an, so oszilliert der Antrieb kontinuierlich.

Zur Steuerung der Hubzeit kann über einen analogen Geschwindigkeitseingang die maximale Geschwindigkeit begrenzt werden.

²⁵ Die Parametrierung des SSI Sensors erfolgt über spezielle Parameter wodurch eine flexible Anpassung an die verschiedenen Typen möglich ist. Weiterhin werden alle hubabhängigen Daten in 0,01 mm Einheiten ein- und ausgegeben. Obwohl die internen Positionsdaten mit der Sensorauflösung verarbeitet werden, ist die Datenausgabe und die Dateneingabe auf 0,01 mm Auflösung begrenzt. Wird mit analoger Sollwertvorgabe gearbeitet so wird der 0... 10 V Bereich auf der parametrisierten Hublänge (SSISTROKE) abgebildet.

²⁶ Die Parametervorgabe über den Profibus DP bietet den Vorteil, dass infolge der digitalen Datenübertragung kein Informationsverlust auftritt. Demgegenüber muss bei der analogen Sollwertvorgabe mit Nullpunkt- und Verstärkungsfehler gerechnet werden. So ist bei einem optimalen Fehler (bei der Sollwertvorgabe) von 10 mV und bei 500 mm Hub mit einer realen Abweichung von 0,5 mm zu rechnen. Bei der Profibus DP Ankopplung sind es 0,01 mm.

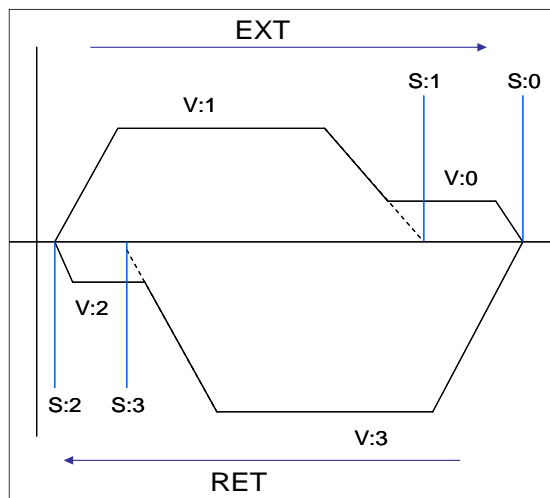
Die Hubzeit wird dabei praktisch nur durch die Hydraulik bzw. die regelungstechnischen Rahmenbedingungen begrenzt. Theoretisch kann mit diesen Modulen ein Doppelhub in < 12 ms gefahren werden.

POS-128

Diese Regelbaugruppe ist speziell für den Einsatz bzw. Ersatz von konventionellen Eil- und Schleichgangsteuerungen über Endschalter entwickelt worden.

Es wird mit einem Wegmesssystem und programmierbaren Umschaltpositionen gearbeitet. Bei Ausfahren (EXT) wird im Eilgang gestartet und zur Zielposition S:1, mit der Geschwindigkeit V:1, gefahren. Während der Bremsphase wird beim unterschreiten der Geschwindigkeit V:0 automatisch auf die neue Zielposition S:1 und der Geschwindigkeit V:0 umgeschaltet. Der Antrieb kann sowohl in S:0 geregelt stehen als auch gegen einen mechanischen Anschlag fahren. Beim Rückhub wird das Profil immer von der aktuellen Position gestartet.

Vorteile liegen insbesondere bei:



- Beengten Einbauverhältnissen für mehrere Endschalter
- Flexibler Parametrierung der Positionen
- Geregelter Endposition bei fehlenden mechanischen Anschlag
- Deutlich vereinfachter Inbetriebnahme, da Viskositätseinflüsse, aufwändige Einstellung von Endschalterpositionen, Geschwindigkeiten und Rampenzeiten praktisch entfällt

Da die POS-128 nur über Schalteingänge: FREIGABE, AUSFAHREN und EINFAHREN gesteuert wird, ist eine Nachrüstung relativ einfach möglich. Das Schaltventil muss gegen ein Stetigventil (normalerweise eine preiswerte Ausführung ohne Kolbenpositionsrückführung) ausgetauscht werden.

Ein preiswerter Positionssensor (analoge Schnittstelle z. B: Balluff BLT6 oder Novotechnik) ist einzusetzen und die Positionierbaugruppe POS-128 (vorzugsweise mit integrierter Leistungsstufe).

Höhere mögliche Geschwindigkeiten sowie geringerer mechanischer Verschleiß sowie geringere Geräuschentwicklung sind die signifikantesten Vorteile.

Mehrachssysteme

Bei Mehrachsensystemen unterscheidet man zwischen reinen Gleichlaufregelsystemen, bei denen 2... 30 Achsen synchron fahren und Systemen bei denen Achsbewegungen im Verhältnis zu einer Masterachse ausgeführt werden.

Fehlerberechnung an Gleichlaufregelsysteme

Bei Gleichlaufregelungen kommt zu dem normalen Positionsfehler noch der Gleichlauffehler während der Bewegung hinzu.

Normalerweise ist der Gleichlauffehler immer größer als der Positionsfehler²⁷. Gegenüber den elektrischen Antrieben die über einen zusätzlichen Geschwindigkeitsregelkreis verfügen, ist in der Hydraulik mit unterschiedlichen typischen Geschwindigkeiten bei den einzelnen Achsen zu rechnen. Diese unterschiedlichen Geschwindigkeiten²⁸ ergeben sich weitestgehend aus den Ventiltoleranzen die bis zu 20 % (2 x 10 % lt. Herstellerangaben) betragen können und den unterschiedlichen Lastdrücken.

Bezogen auf die vorhergehende Antriebsberechnung und 10% Toleranz bedeutet dies:

- Nachlauffehler 1. Achse 13,6 mm
- Nachlauffehler 2. Achse 12,2 mm

Der Gleichlauffehler der bei einer hydraulischen NC Achse kompensiert werden muss, beträgt somit 1,4 mm bei 300 mm/s Geschwindigkeit und ist proportional zur Geschwindigkeit²⁹. Durch einen überlagerten Gleichlaufregler (Ausführung P, Pt1 oder PI³⁰) kann dieser Fehler verringert werden.

Zu dem geschwindigkeitsabhängigen Fehler kommt noch der beschleunigungsabhängige Fehler hinzu, der während der Beschleunigung aber auch beim Bremsen entstehen kann. Dieser Fehler ist auf eine unterschiedliche Dynamik der Antriebe sowie Unzulänglichkeiten bei der hydraulischen Ölversorgung zurückzuführen. Die unterschiedliche Dynamik kann durch unterschiedliche Massen bzw. Ölvolumen (Ventil und Zylinder sind unterschiedlich weit voneinander platziert) hervorgerufen werden, was sowohl zu einem größeren Geschwindigkeitsfehler als auch Beschleunigungsfehler führt.

Bei der hydraulischen Versorgung kommt es, abhängig von der Rohrleitungsführung, ebenfalls zu unterschiedlichen Versorgungsdrücken (unterschiedlicher Druckeinbruch), die sich sofort in einer geänderten Geschwindigkeitsverstärkung bemerkbar machen. Ein Speicher zum Stabili-

²⁷ Dies trifft für Nullschnittregelventile zu. Bei dem Einsatz von positiv überdeckten Stetigventilen kann es umgekehrt sein. Bei vielen Gleichlaufanwendungen kommt es nicht auf eine hohe Positioniergenauigkeit an sondern nur auf den Gleichlauf. In diesem Fall kann mit einfacheren Stetigventilen relativ problemlos gearbeitet werden.

²⁸ Bei den unterschiedlichen Geschwindigkeiten geht es nicht um die gefahrene Geschwindigkeit sondern um die theoretisch maximale Geschwindigkeit. Die Toleranzen bedeuten regelungstechnisch unterschiedliche Streckenverstärkungen wodurch sich auch ein unterschiedlicher Nachlauffehler ergibt. Theoretisch lässt sich dies durch unterschiedliche Verstärkungen (Kv-Faktoren) kompensieren. Der Nachteil ist, dass bei jedem Ventiltausch diese Regloptimierung erneut durchgeführt werden muss.

²⁹ Hohe Gleichlaufgenauigkeiten (im Bereich der Positioniergenauigkeit) sind nur bei relativ niedrigen Geschwindigkeiten erreichbar.

³⁰ Bei hydraulischen Antrieben hat sich der Pt1-Regler als optimal bewährt. Mit einem PI-Regler kommt es sehr leicht zu einem Schwingen um die Position bzw. zu einem deutlichen Überfahren der Zielpositionen. Bei dem P-Regler können nur sehr geringe Verstärkungen eingestellt werden. Der Gleichlaufregler liegt parallel zu dem normalen Positionsregler und die beiden Verstärkungen addieren sich. Der PT1-Regler greift verzögert ein, wodurch sich eine PPT1-Struktur ergibt, die eine höhere Verstärkung zulässt. Typisch lässt sich der berechnete systemtypische Gleichlauffehler um den Faktor 3 reduzieren.

sieren des Versorgungsdruckes, direkt am jeweiligen P-Anschluss des Regelventils, verbessert die Anfahrphase (Beschleunigung) erheblich.

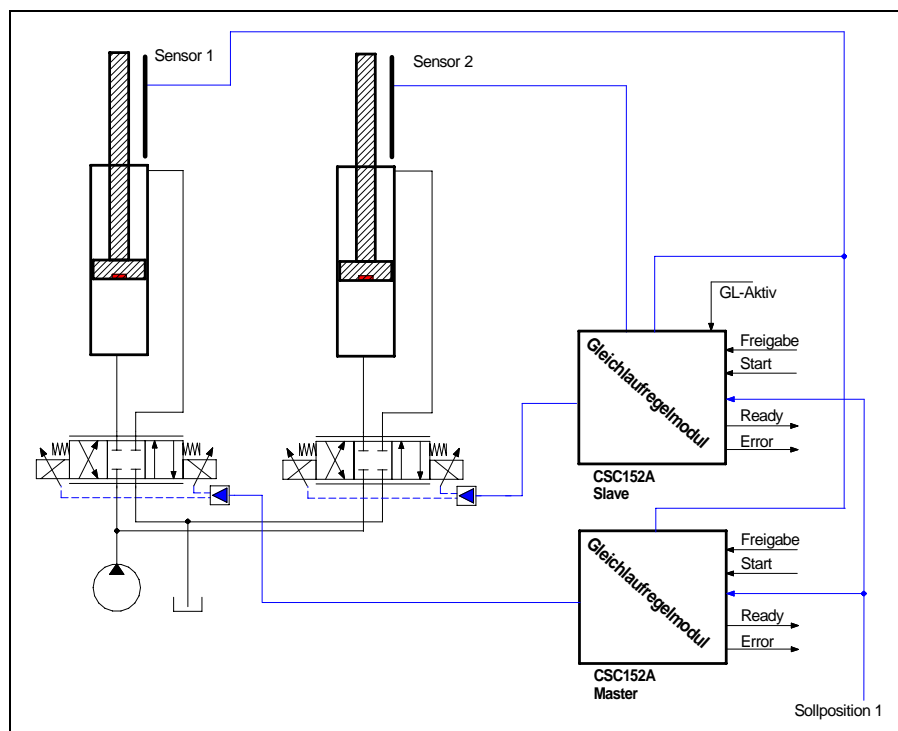
Alternativ zur NC typische Nachlaufregelung mit überlagertem Gleichlaufregler kann auch die gesteuerte Struktur³¹ (wegabhängiges Bremsen) mit überlagertem Gleichlaufregler als MASTER/SLAVE Struktur oder als Mittelwertregelung eingesetzt werden. Die Vorteile der MASTER/SLAVE³² Struktur liegen insbesondere bei der einfacheren Handhabung und der problemloseren Fehlersuche. Die SLAVE Achse folgt der MASTER Achse woraus ein fest definiertes Verhalten resultiert.

Bei der Mittelwertregelung wird jede Achse von jedem Positionsfehler beeinflusst. Eine fehlerhafte Achse aber ist aufwändiger zu lokalisieren, da der Fehler durch die Mittelwertbildung alle Achsen beeinflusst wird. Es ist bei der Mittelwertbildung jedoch mit einem kleineren Gleichlauffehler und einem besseren Beschleunigungsverhalten zu rechnen.

Als Regler wird hier ein PT1-Regler eingesetzt, der zusammen mit dem Positionsregler eine PPT1 Struktur ergibt.

CSC-152

Gleichlaufregelung aufbauend auf der POS-123. Bei dieser Gleichlaufregelbaugruppe handelt es sich um eine Positionsregelung mit einem überlagerten Gleichlaufregler. Alle bisher besprochenen Konzepte lassen sich mit diesem Modul realisieren.



³¹ Das Verhalten gegenüber der NC ist sehr ähnlich, da der systembedingte Geschwindigkeitsfehler ebenfalls vorhanden ist. Da die Achsen aber gesteuert fahren, vergrößert sich der Fehler über den Hub. Der Gleichlaufregler wirkt hierbei wie eine Geschwindigkeitskorrektur wodurch ein vergleichbarer Gleichlauffehler entsteht.

Ähnlich wie bei der NC wo mit einer unterschiedlichen Verstärkung gearbeitet werden kann, um die Ventilfehler auszugleichen, ist hier die maximale Geschwindigkeit anpassbar um den Fehler zu minimieren. Beide Lösungen bedeuten aber ein nachoptimieren beim Austausch von Ventilen.

³² Wichtig ist, dass bei der MASTER/SLAVE Struktur die maximale Geschwindigkeit des MASTERS geringer ist als des SLAVES. Nur so hat der SLAVE die Möglichkeit den Regelfehler auszugleichen.

Dabei ist das System modular aufgebaut, d. h., es wird pro geregelte Achse ein Modul benötigt. Bei dem Einsatz mit analogen Sensoren ist die MASTER/SLAVE Struktur bis vier Achsen sinnvoll möglich³³. Bei der Mittelwertbildung können zwei Achsen im Gleichlauf betrieben werden. Die Kommunikation erfolgt ebenfalls analog, indem die Istposition der Masterachse an den Slave Modulen angeschlossen wird. Somit stehen diesen Modulen Sollwert, Istwert und die Position der Masterachse zur Verfügung. Bei deaktiviertem GL-ACTIV Eingang verhält sich das Modul wie eine normale Positioniersteuerung (POS-123). Mit GL-ACTIV wird der zusätzliche Gleichlaufregler aktiviert. Das Ausgangssignal STATUS überwacht jetzt nicht mehr das Positionieren sondern den Gleichlauffehler.

Die Parametrierung unterscheidet sich von der POS-123 in folgenden Punkten:

- Über das AIN Kommando können mit Hilfe der linearen Gleichung $y = a/b \cdot (x-c)$ Sensorfehler und Wandlungsfehler bei den analogen Signalen kompensiert werden. Es lassen sich Getriebefunktionen parametrieren, genauso kann mit dieser Gleichung die Wirkrichtung eines Sensors umgekehrt werden, so dass eine gegenläufige Synchronisation möglich ist.
- GLP bestimmt die Verstärkung des Gleichlaufreglers (P-Regler). Achtung: je höher die normale Regelverstärkung eingestellt ist umso kleiner wird der GLP Faktor. Beim Positionieren addieren sich die beiden Verstärkungsfaktoren.
- T1 bestimmt die Zeitkonstante des Gleichlaufreglers (PT1 Regler). Durch die verzögernde Wirkung kann eine höhere Gleichlaufverstärkung (GLP) eingestellt werden. Zu große Zeiten führen zu einem deutlichen Überfahren der Zielposition.

Infolge Offset und Verstärkungsfehlern besitzen alle Eingänge die individuelle Skalierungsfunktion (siehe AIN) um Fehler ausgleichen zu können. Dies ist bei zwei Achsen noch gut machbar, bei vier Achsen nur noch mit einem entsprechenden Aufwand³⁴.

In diesem Fall (bei vier und mehr Achsen) ist eine digitale Sensorschnittstelle (SSI-Interface) zu bevorzugen. Die Module werden über einen lokalen CAN-Bus vernetzt, so dass die hochgenaue digitale Information ohne Verluste übertragen werden kann. Die Sollposition kann über einen analogen Eingang³⁵, über die serielle Schnittstelle (im REMOTE CONTROL Modus) oder über den Profibus vorgegeben werden. Die Vorgabe über die serielle Schnittstelle erfolgt im einfachen ASCII Modus genauso wie das Auslesen der Istpositionen. Das Modul ist über das Kommando REMOTE ON in einem Fernsteuermodus und es können sowohl den Zustand der Schalteingänge als auch die Sollwerte direkt übergeben werden.

Alternativ ist der Einsatz eines PROFIBUS DP zu CAN Koppler möglich. Über diesen Koppler³⁶ lassen sich Sollwerte übertragen und die Istwerte auslesen.

Zusätzlich zu den beschriebenen Regelkonzepten ist zukünftig eine spezielle adaptive Verstärkungsanpassung bei den Modulen mit digitalen Sensoren möglich. Bei diesem System wird die unterschiedliche Streckenverstärkung durch die Ventiltoleranzen bzw. durch unterschiedliche Lastkräfte gemessen und automatisch kompensiert. Dies führt zu einer extrem hohen Gleichlaufgenauigkeit die im Bereich der Positioniergenauigkeit von Regelventilen liegt.

³³ Infolge von Linearitäts- und Offsetfehlern an den analogen Eingängen kann bei vier Achsen der Optimierungsaufwand erheblich werden.

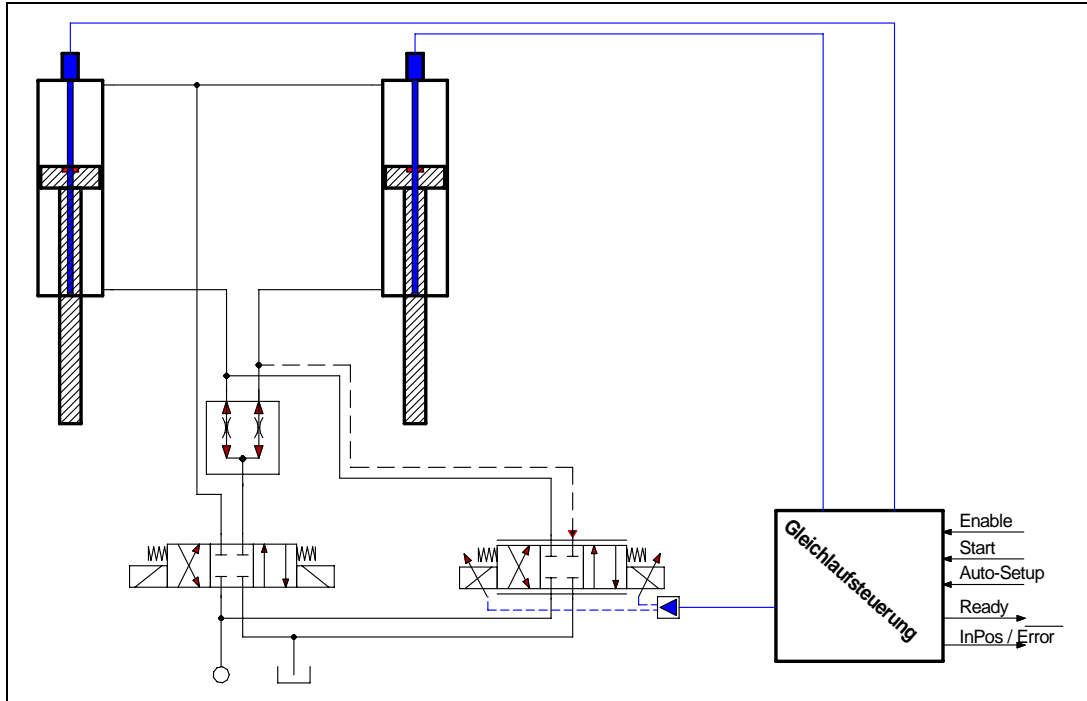
³⁴ Der Aufwand ist natürlich abhängig von der geforderten Genauigkeit. Bei geringen Anforderungen können so auch mehr als vier Achsen im Gleichlauf gefahren werden.

³⁵ Geht es nur um eine hohe Gleichlaufgenauigkeit und Wiederholgenauigkeit (die absolute Positioniergenauigkeit ist zweitrangig) so ist die analoge Sollwertvorgabe ausreichend. Bei einer hohen absoluten Positioniergenauigkeit ist infolge von Linearitäts- und Verstärkungsfehlern mit einem Fehler von ca. 20 mV (optimiert 10 mV) zu rechnen. Dies sind bei der zuvor berechneten Achse (800 mm Hub) 1,6 mm bzw. 0,8 mm. Sind höhere Genauigkeiten gefordert ist die digitale Sollwertvorgabe vorzuziehen.

³⁶ Mit diesem Koppler sind Systeme mit bis zu vier Achsen möglich.

CSC-151

Gleichlaufregelbaugruppe für Bypass Gleichlaufregelsysteme. Diese Baugruppe unterscheidet sich von den anderen Baugruppen dahingehend, dass schon ein hydraulisches Gleichlaufsystem vorhanden ist und dass keine Positionsregelung stattfindet.



Es wird nur der Gleichlauf während der Bewegung geregelt. Das hydraulische System verfügt über einen mehr oder weniger guten Gleichlauf über Stromteilerventile, Zahnradstromteiler, zwei manuell einstellbare Stromregler oder auch zwei Pumpen. Der Fehler der infolge der mechanischen Toleranzen entsteht ist ein Geschwindigkeitsfehler (typisch: 3... 10 %) wodurch es zu größeren Gleichlauf Fehlern, insbesondere bei längeren Hübten, kommt.

Regelungstechnisch ist das System mit der CSC-152 und dem Modus: „wegabhängiges Bremsen“ vergleichbar. Die Geschwindigkeit wird gesteuert über den Stromteiler und überlagert arbeitet ein Gleichlaufregler. Gegenüber der elektronischen Lösung der Bypassregelung in der CSC-152 hat die hydraulische Bypassregelung aber einige deutliche Vorteile.

Erstens wird für den überlagerten Gleichlaufregler nur ein sehr kleines einfaches Stetigventil, das den Fehler des Stromteilers ausgleichen kann, benötigt. Durch die daraus resultierende geringe Volumenstromverstärkung kann mit einer sehr hohen elektrischen Verstärkung gearbeitet werden. Je nach Ventiltechnik und Geschwindigkeit kann mit einem Gleichlauffehler von 0,1 % bis 0,01% vom Hub gerechnet werden. Weiterhin ist das System durch den hydraulischen Gleichlauf auch automatisch für einen Notbetrieb (beim Ausfall von Sensoren, Ventil oder der Steuerung) über den Stromteiler ausgerüstet.

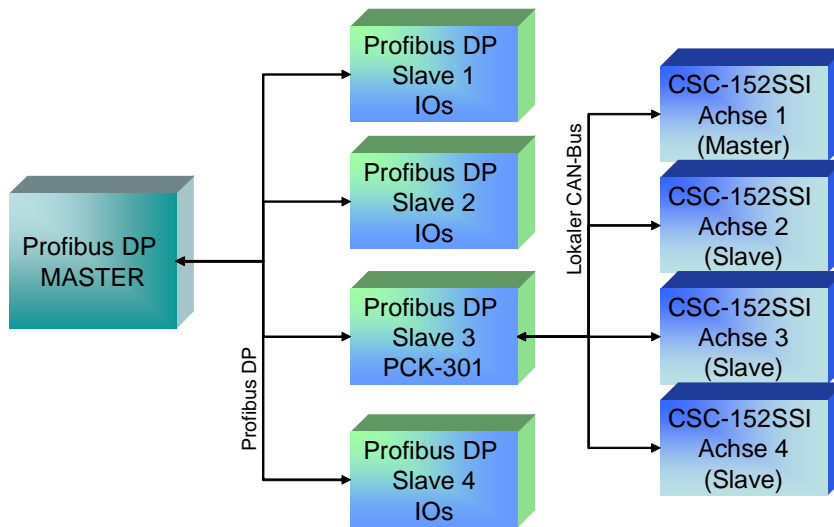
Die Parametrierung erfolgt über die Kommandos G:A und G:B (Regelverstärkung für die beiden Bewegungsrichtungen). Ansonsten wird sie wie die POS-121 gehandhabt.

Zusatzfunktionen wie die Umschaltung der Regelpolarität sind je nach hydraulischer Schaltung einzusetzen. Ein automatischer Offsetabgleich unterstützt den Austausch von Sensoren, so dass eine manuelle Einstellung entfallen kann.

Optional ist dieses System mit integrierter Leistungsstufe oder mit zwei SSI-Schnittstellen verfügbar. Durch die hohe Positionsaufösung der SSI Sensoren (bis zu 1 µm) können unter Verwendung geeigneter Regelventile sehr hohe Gleichlaufgenauigkeiten realisiert werden.

Ankopplung der Positioniersteuerungen an einen Feldbus (PROFIBUS)

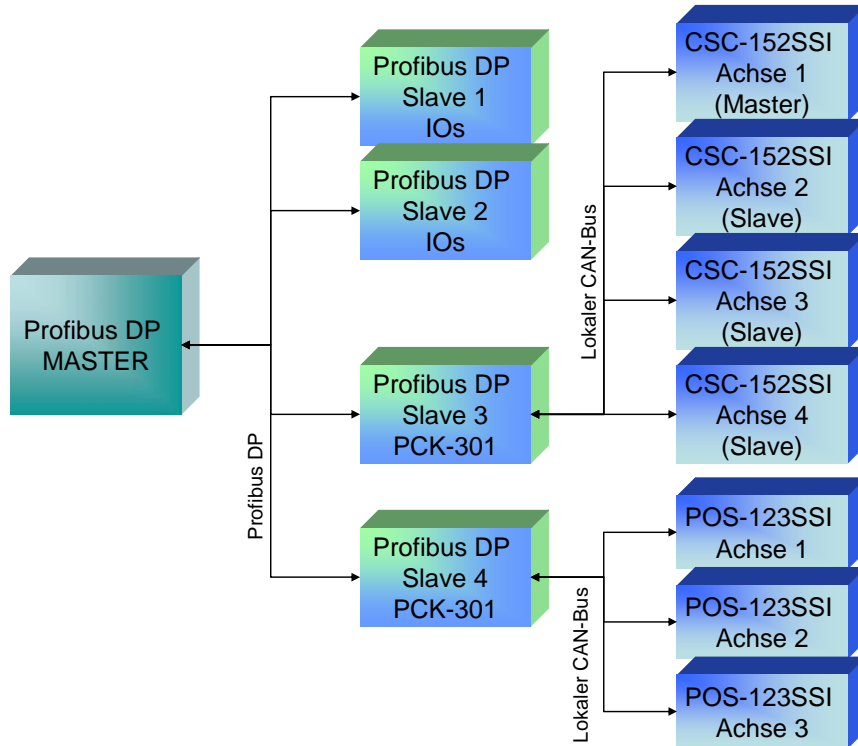
Zur Zeit können die Feldbusse „PROFIBUS DP“ und „CAN“ von uns unterstützt werden. Der CAN-Bus ist auf unseren Mikrocontrollern integriert, so dass er universell einsetzbar ist. Bei der Vernetzung unserer CSC-152SSI Gleichlaufregelmodule wird der CAN-Bus zur Kommunikation zwischen den einzelnen Modulen verwendet. Über ein optimiertes Protokoll werden die Daten (maximal 30 Achsen) ausgetauscht. Bei z. B. vier Achsen haben wir eine maximale Übertragungszeit von 0,4 ms (bei 30 Achsen von 3 ms), so dass eine schnelle Regelung sichergestellt ist. Dies ist nur möglich, wenn der CAN-Bus als lokales System arbeitet. Über einen Profibus DP / CAN Koppler (PCK-301) kann dieser lokale CAN-Bus an einen übergeordneten Feldbus angeschlossen werden. Die Software in den CSC-152SSI Modulen erkennt automatisch die extern vorgegebenen Werte anhand der Adressen, eine Konfiguration des CAN Bus beschränkt sich nur auf die Adressenvergabe der Regelachsen. Über das Steuerwort kann das System (bis auf ENABLE) aktiviert und im Gleichlauf gefahren werden. Die Prozessdaten wie Sollposition (32 Bit) und Sollgeschwindigkeit (16 Bit) werden alle 10 ms angefordert und direkt an alle Gleichlaufregelmodule übertragen, so dass der Bus möglichst gering belastet wird.



Zurückgesendet werden das Statuswort mit eventuellen Fehlermeldungen, die Sollposition (bei Mittelwertbildung bzw. im NC Modus die berechnete Sollposition) und die vier Istpositionen der geregelten Achsen. Die Parametrierung der Module wird über die serielle Schnittstelle durchgeführt.

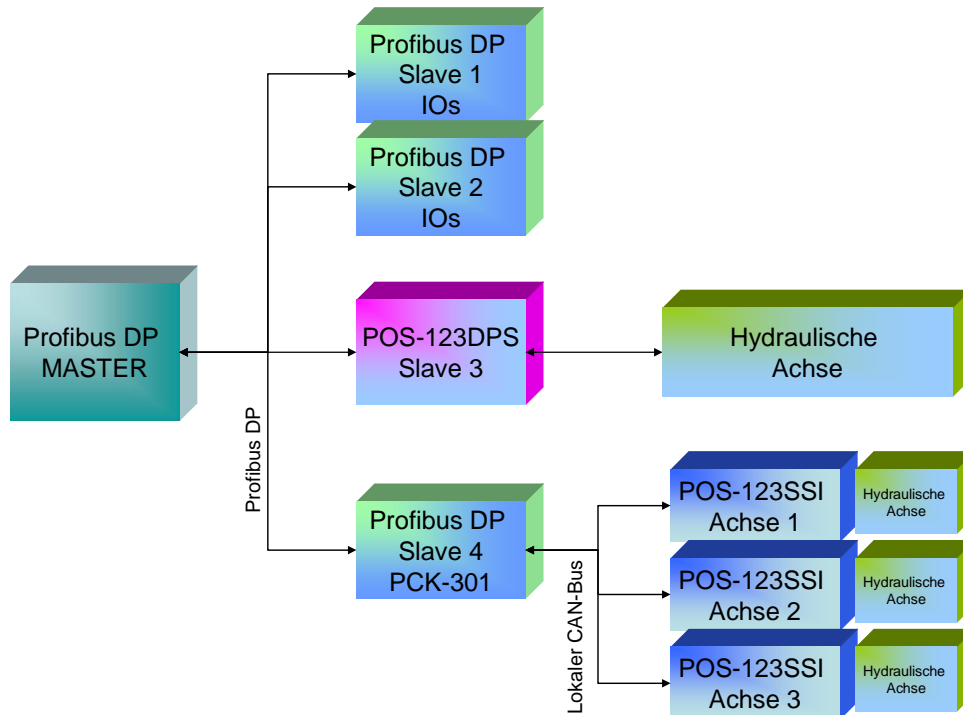
Von Vorteil ist dabei, dass nur eine Adresse am Profibus für die vier Achsen vergeben wird.

Alternativ kann der Koppler auch für Positionsregelungen bzw. p/Q geregelte Achsen eingesetzt werden. In diesem Fall ist die Steuerung von drei unabhängigen Positionierachsen bzw. von zwei/drei unabhängigen p/Q geregelten Achsen möglich.



Für die Kommunikation stehen 24 Byte Eingabe- und 24 Byte Ausgabedaten zur Verfügung. Die übergeordnete Steuerung sieht dabei nur einen Knoten von dem die Achsen gesteuert werden. Die Inbetriebnahme ist relativ einfach, da der geschlossene CAN-Bus schon vorkonfigurierte ist. Die Inbetriebnahme beschränkt sich somit nur auf die anwendungsspezifische Parametrierung (über die RS232 Schnittstelle) unserer Geräte.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, jedes Modul mit einer Profibus DP Schnittstelle auszurüsten. Hier ist dann, in Kombination mit der SSI Schnittstelle, eine direkte Ankopplung der Module an den Profibus möglich.



Welche dieser Lösungen bevorzugt werden sollte, hängt von der jeweiligen Anwendung ab. Über den Koppler PCK-301 lassen sich mehrere Achsen kostengünstig am Profibus ankopplern. Bei einer Achse ist die integrierte Lösung zu wählen.

Autor: Ulrich Walter

W.E.ST.

Elektronik GmbH
Poststraße 26
41372 Niederkrüchten

Tel: 0 21 63 / 88 86 90
Fax: 0 21 63 / 88 86 91
EMAIL: ulrich.walter@w-e-st.de
Homepage: www.w-e-st.de