



Versuch: Positionierung mit SPS

1. Versuchsziel

Das Hauptziel dieses Versuches besteht darin, Positionieraufgaben mit Hilfe von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) zu lösen, d.h. gesteuertes Positionieren. Das ist eine elegante technische Alternative zur herkömmlichen Vorschubpositionierung mittels Regelung. Einen Schwerpunkt bildet der Einsatz einer intelligenten Peripheriebaugruppe der SPS, indem Konfigurierungstelegramme und Positionierungstelegramme für die Positionieraufträge ermittelt werden. Das bedeutet, dass entsprechende Projektierungsschritte nacheinander abgearbeitet werden. Weiterhin sollen Grundlagen der SPS-Programmierung und der Umgang mit dem Programmiergerät vermittelt werden. Die Implementierung der Programmbausteine in einer SPS und ihr Test gehören ebenfalls zur Zielstellung.

2. Versuchsvorbereitung

- 2.1 Erläutern Sie Schaltungsvarianten der elektromechanischen Not-Endschalter (Impulssperre IS) und begründen Sie eine sichere Lösung.
- 2.2 Klassifizieren Sie die Steuerung nach verschiedenen Merkmalen, z.B. + technische Funktionsrealisierung, + zeitliche Abarbeitung, + Arbeitsweise, + Weichschaltbedingungen.
- 2.3 Geben Sie eine verbale und zeichnerische Kurzbeschreibung der Aufgabenstellung, d.h. Darstellung **aller** Bewegungsvorgänge zunächst für die Referenzpunktfahrt RPKT und dann für das Verfahrogramm SILO an Hand der Programmausdrucke (Einarbeiten in ein Anwenderprogramm).
- 2.4 Informieren Sie sich über den Aufbau von speicherprogrammierbaren Steuerungen, speziell der SPS SIMATIC S5-100U (CPU 102), und die Grundlagen ihrer Programmierung [3] bis [7]. Machen Sie sich mit der Abarbeitung aller Organisations- und Funktionsbausteine vertraut. Dabei spielen insbesondere die Merker eine wichtige Rolle, die die Abarbeitung steuern. Skizzieren Sie die Struktur des Anwenderprogramms auf der Basis vorhandener Programmausdrucke.

- 2.5 Vervollständigen Sie das Fragment des Funktionsbausteins FB 57 um die Konfigurierungstelegramme und Positionierungstelegramme für die Positionieraufträge. Die Programmierung erfolgt in der Programmiersprache STEP 5, und zwar in Anweisungsliste AWL [3]. Es wird empfohlen, den FB 57 mit Bleistift zu vervollständigen.
- 2.6 Wenige Tage vor dem Praktikumstermin ist der vervollständigte Funktionsbaustein FB 57 mit dem Versuchsbetreuer durchzusprechen.
- Vergleich der Projektierungsergebnisse an Hand der ausgefüllten Tabelle 5: Konfigurierungs- und Positionierungsdaten
 - Kontrolle der Konfigurierungs- und Positionierungstelegramme für das Verfahrenprogramm SILO FB 57
- 2.7 Bereiten Sie ein Konzept vor, wie die Programmbausteine auf der SPS implementiert und getestet werden können [4] bis [7].
- 2.8 Zur besseren Vorbereitung kann der Versuchsstand nach Absprache mit dem Betreuer im Roboterlabor Gebäude 07/Raum 8 besichtigt werden.

3. Versuchsaufbau und Funktion der Einzelgeräte

Der Praktikumsversuch besteht aus folgenden relevanten Einzelgeräten (s. auch Bild 1):

- Programmiergerät PG 730 mit angeschlossenem Drucker brother HL-1040 LASER PRINTER,
- Speicherprogrammierbare Steuerung SIMATIC S5-100U (CPU 102) [2],
- Schrittmotor-Positionier-Steuerung ELSTEP 2.D (Leistungsteil),
- Schrittmotor,
- Linearachse mit zu positionierendem Schlitten und Greiferwechsellmagazin,
- elektromechanische Not-Endschalter und induktive Sensoren.

3.1 Das leistungsfähige **Programmiergerät PG 730** gestattet das Eingeben, Kodieren, Kommentieren, Testen und Dokumentieren von Programmbausteinen in Hochsprachen, nämlich als Funktionsplan FUP, Kontaktplan KOP oder Anweisungsliste AWL. Das Anwenderprogramm wird in das Maschinenprogramm der SPS übersetzt. Im „off-line“-Betrieb nimmt ein leistungsfähiger RAM-Speicher zunächst die Programme auf. Aus diesem Speicher lassen sich dann die Programmbausteine

- auf Diskette kopieren und archivieren,
- auf Drucker ausgeben,
- „on-line“ über eine serielle Schnittstelle in direkter Kopplung in die SPS übertragen.

Im „on-line“-Betrieb sind auch Testfunktionen, Fehlersuchroutinen und Programmkorrekturen leicht durchführbar.

Die Steuerungsaufgaben, d.h. die Referenzpunktfahrt und die Positionieraufträge, werden in der Programmiersprache STEP 5, und zwar in AWL, dargestellt. Funk

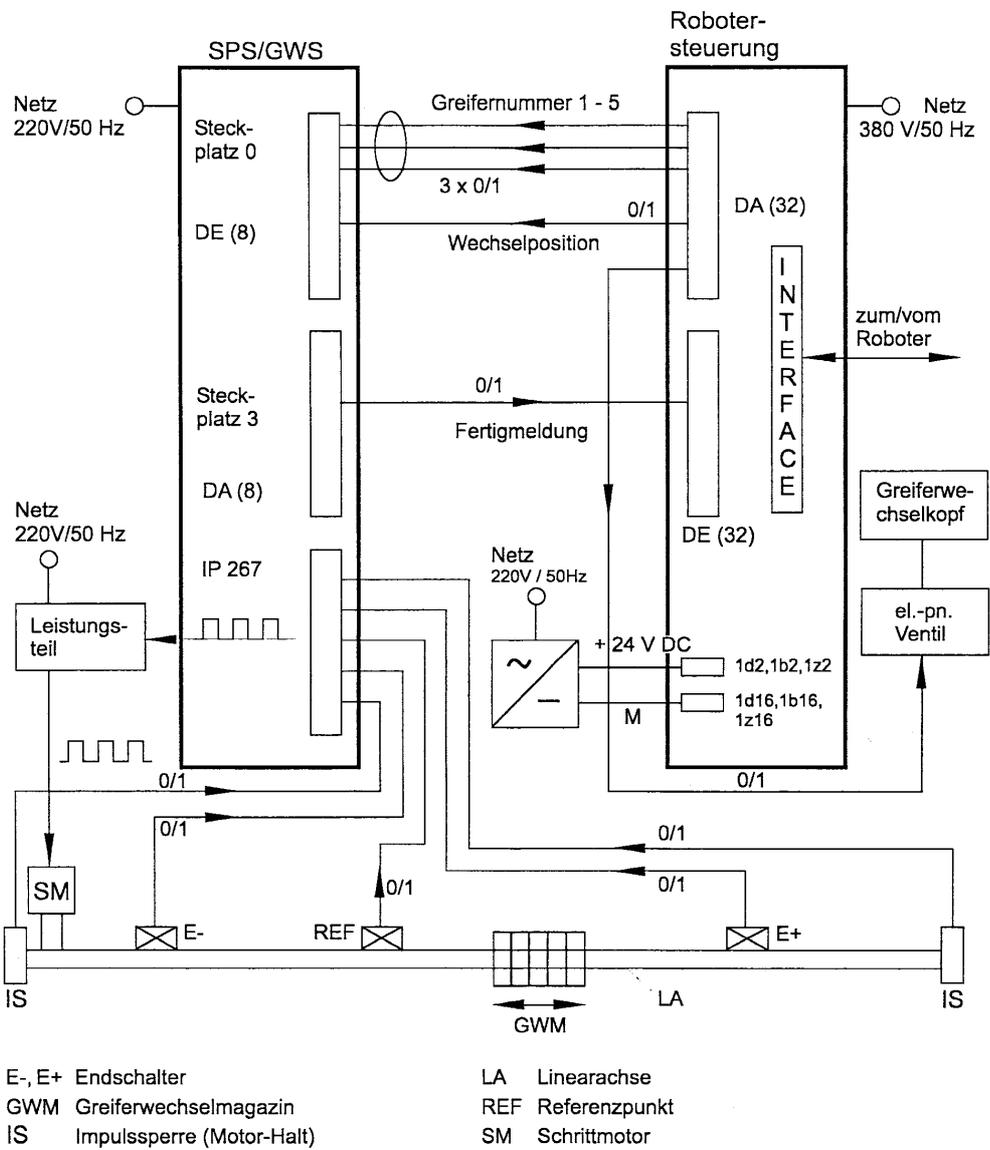


Bild 1. Grobstruktur des Steuerungssystems

tionsbausteine lassen sich nur als AWL erstellen und dokumentieren. Es wird die strukturierte Programmierung angewendet [3].

Die strukturierte Programmierung bietet folgende Vorteile:

- einfache und übersichtliche Programmierung auch großer Programme,
- Möglichkeiten zum Standardisieren von Programmteilen,
- leichte Änderungsmöglichkeiten,
- einfacher Programmtest,
- einfache Inbetriebnahme,
- Unterprogrammtechnik (Aufruf eines Bausteines von verschiedenen Stellen aus),
- einfache Erweiterbarkeit.

Bei der Programmierung wird das PG 730 als Gerät **FD** bezeichnet.

3.2 Die **speicherprogrammierbare Steuerung SIMATIC S5-100U** (Gegensatz der technischen Funktionsrealisierung: verbindungsprogrammierte Steuerung) ist durch nachstehende Daten gekennzeichnet:

- Arbeitet mit einem auf die Programmiersprache STEP 5 zugeschnittenen Wortprozessor.
- Ausbau bis 256 binäre und maximal 16 analoge Ein- und Ausgangssignale.
- Programmspeicher bis 2 K Anweisungen.
- Bearbeitungszeit 70 ms oder 7 ms je 1 K Anweisungen, je nach Wahl der Zentralbaugruppe (Wortprozessor).
- 1024 Merker, bis zu 32 Zeitglieder (0,01 bis 9990 s), bis zu 32 Zähler (0 bis 999; Vorwärts-/Rückwärts-Zähler).
- Das Gerät beherrscht alle Binäroperationen, kann laden, transferieren, vergleichen, Bausteine aufrufen (strukturierte Programmierung) und hat Rechenfunktionen.
- Als Programmiersprache dient STEP 5 [3].

Einige weitere Charakteristika der Steuerung:

Nach der zeitlichen Abarbeitung der Steuerungsfunktionen handelt es sich um eine synchrone Steuerung, d.h. die Signalverarbeitung geschieht zeitgleich zu einem Taktsignal (Gegensatz: asynchrone Steuerung).

Bezüglich der Arbeitsweise ist es eine Ablaufsteuerung, d.h. eine Steuerung, die zwangsläufig schrittweise arbeitet (Gegensatz: Verknüpfungssteuerung, bei der Boolesche Verknüpfungen durchgeführt werden). Das Weiterschalten auf den programmgemäß nächsten Schritt hängt von Weiterschaltbedingungen, den Transitionen, ab. Die Schritte werden von den induktiven Sensoren (bei der Referenzpunktfahrt) bzw. bei Erledigung eines Positionierauftrages (bei den Positionieraufträgen) aktiviert. Es handelt sich um eine prozessabhängige Ablaufsteuerung (Gegensatz: zeitgeführte Ablaufsteuerung).

Hinsichtlich der Informationsdarstellung gibt es binäre Signale (z.B. für Merker, Eingangs-/Ausgangssignale) und digitale Signale (z.B. Ausgabewort, Merkerbyte, Merkerwort).

Das Betriebssystem (Systemprogramm) befindet sich auf einem ROM und kann nicht manipuliert werden. Das Anwenderprogramm und die Anwenderdaten sind im batteriegestützten RAM (flüchtiger Speicher) abgelegt. Bei Ausfall der Versorgungsspannung gehen folglich das Anwenderprogramm und die Anwenderdaten nicht verloren.

Das gesamte Anwenderprogramm besteht aus Organisationsbausteinen OB und Funktionsbausteinen FB. Der Organisationsbaustein OB 1 realisiert die zyklische Programmabarbeitung. Der Anlauf-Organisationsbaustein OB 21 wird einmalig nach Schalten von STOP in RUN bearbeitet, während der Anlauf-Organisationsbaustein OB 22 nach Netzwiederkehr bearbeitet wird. Der Funktionsbaustein FB 17 realisiert die Referenzpunktfahrt und der Funktionsbaustein FB 57 das Verfahrenprogramm SILO.

Die im Versuch eingesetzte SPS besteht aus folgenden Baugruppen:

- Stromversorgungsbaugruppe SITOP power 2,5,
- Zentralbaugruppe SIMATIC S5-100 U (CPU 102),
- Busmodule (2 Stück),
- Digital-Eingabebaugruppen DIGITAL INPUT 8 x 24 V DC (2 Stück),
- Digital-Ausgabebaugruppe DIGITAL OUTPUT 8 x 24 V DC,
- Intelligente Peripheriebaugruppe Schrittmotoransteuerung STEPPER MOTOR MODUL IP 267.

Alle Baugruppen sind auf einer Normprofilschiene montiert.

Bei der Programmierung auf dem PG 730 wird die SPS als Automatisierungsgerät **AG** bezeichnet.

Die **intelligente Peripheriebaugruppe IP 267** verfügt über einen eigenständigen Mikrorechner und ist in Hardware und Firmware zugeschnitten auf die Kommunikation mit der CPU der SPS mittels internem Bus und den externen Sensoren. Die IP 267 tauscht alle Daten mit der CPU über eine serielle Schnittstelle aus. Sämtliche Daten werden in 4 Byte langen Telegrammen (Konfigurierungstelegramm, Positionierungstelegramm) während der Programmzyklen vom Prozessabbild der Ausgänge (PAA) zur IP 267 gesandt. Die IP 267 überträgt ihrerseits zyklisch Rückmeldungen über den Restweg sowie verschiedene Statusbits zum Prozessabbild der Eingänge (PAE). Die intelligente Peripheriebaugruppe realisiert über die Schrittmotor-Positionier-Steuerung und den Schrittmotor die impulsgenaue numerisch gesteuerte Positionierung des Schlittens.

3.3 Die **Schrittmotor-Positionier-Steuerung ELSTEP 2.D** ist das Bindeglied zwischen der IP 267 und dem Schrittmotor. Sie formt die energiearmen Impulse der IP 267 in eine Motorspannung von 40 V DC und einen Motorstrom von maximal 4 A um. Auf nur einer Leiterplatte im EURO-Format 160 x 100 mm² befinden sich Netzteil, Treiberteil, Leistungsendstufe und Taktsteuerung. Die Schrittmotor-Positionier-Steuerung ist im Robotersteuerschrank montiert und über Kabel mit der IP 267 und dem Schrittmotor verbunden.

3.4 Der **Schrittmotor** ist ein 2 Phasen-Schrittmotor mit bipolarer Wicklung. Schrittmotorantriebe haben folgende Merkmale:

- schrittgenaues Positionieren ohne Lageregelkreis,
- hohes Drehmoment bei kleinen Drehzahlen,
- großes Haltemoment im erregten Zustand,
- Drehzahlsteuerung über die Schrittfrequenz,
- einfache und preiswerte Ansteuerungselektronik,
- schlupffreies Positionieren.

Schrittmotoren können direkt mit binären Signalen (Impulsen) angesteuert werden.

Schrittmotoren wandeln elektrische Impulse, die von der Schrittmotor-Positionier-Steuerung kommen, in eine mechanische Drehbewegung mit definiertem Schrittwinkel um. Für eine Umdrehung der Motorwelle werden 200 Impulse benötigt, d.h. 1,8 Grad je Impuls. Bei einer Umdrehung der Motorwelle werden 81 mm zurückgelegt, d.h. 0,405 mm je Impuls. Das ist gleichzeitig die Positioniergenauigkeit. Die Verfahrensgeschwindigkeit des Schlittens wird mit der Impulsfrequenz festgelegt. Im Versuch ist das die Ausgangsfrequenz f_A .

3.5 Auf der **Linearachse** (Alu-Profiltschiene) wird ein mit Rollen gelagerter Schlitten verfahren. Auf dem Schlitten ist das Greiferwechsellmagazin montiert. Letzteres wird für den Roboterversuch „Montage von Wippschaltern“ benötigt. Der Schlitten wird vom Schrittmotor mit einem Zahnriemen verfahren. Unterhalb des Schlittens befinden sich Metallstifte, die induktive Sensoren aktivieren.

3.6 An den Enden der Linearachse befinden sich **elektromechanische Not-Endschalter**. Bei ihrer (versehentlichen) Betätigung wird der Schrittmotor sofort abgeschaltet. Die Not-Endschalter sind Öffner, und sie sind in Reihe geschaltet. Spricht ein Not-Endschalter an, so wird die IP 267 gesperrt. Man muss die IP 267 danach neu konfigurieren, bevor sie weitere Positionieraufträge annimmt.

Zwischen den Not-Endschaltern sind drei **induktive Sensoren** montiert. Der mittlere repräsentiert den Referenzpunkt REF, der in der Nähe des Schrittmotors ist der Endschalter E_- , der dritte ist der Endschalter E_+ . Sowohl die Not-Endschalter als auch die induktiven Sensoren sind über den Anschlussblock mit der IP 267 über Kabel verbunden und werden von der SPS zyklisch abgefragt.

4. Versuchsdurchführung

Ein erheblicher Teil der Versuchsdurchführung wird bereits im Rahmen der Versuchsvorbereitung erledigt, und zwar im Festlegen der Konfigurierungs- und Positionierungstelegramme.

4.1 Aufruf der Programmbausteine OB 1, OB 21, OB 22, FB 17 und Kontrolle ihrer Richtigkeit sowie Aufruf des Funktionsbausteins FB 57 und Eingabe der fehlenden Anweisungen am Programmiergerät PG 730.

4.2 Ausdrucken der Programmbausteine und nochmalige Kontrolle auf Richtigkeit, indem ein Vergleich mit funktionstüchtigen Programmbausteinen durchgeführt wird. Gegebenenfalls muss eine Korrektur vorgenommen werden.

4.3 Übertragen der Programmbausteine vom Programmiergerät in die SPS mittels Kabel über die serielle Schnittstelle. Zuvor Umräumen der SPS durchführen:

- Betriebsartenschalter auf „STOP“ stellen,
- Batterie entnehmen,
- Ein-/Aus-Schalter auf „0“ stellen,
- Ein-/Aus-Schalter auf „1“ bringen,
- Batterie einlegen.

Nach dem Umräumen: Ausgabe der Programmbausteine aus dem Abt; Was passiert?

Beim Übertragen der Programme steht der Betriebsartenschalter auf „STOP“. Achten Sie bitte auf die richtige Reihenfolge der Übertragung der Programmbausteine (s. Struktur des Anwenderprogramms gemäß 2.4).

4.4 Netzspannung an die Schrittmotor-Positionier-Steuerung anlegen. An der SPS den Betriebsartenschalter von „STOP“ auf „RUN“ stellen und die Bewegung des Schlittens beobachten. Es müssen die Referenzpunktfahrt durchgeführt und die Positionieraufträge ausgeführt werden. Nachstehende Reihenfolge der Bewegungen muss sich ergeben:

- Referenzpunktfahrt:
 - Start rückwärts (in Richtung Schrittmotor)
 - Start vorwärts
 - Start rückwärts
 - Start vorwärts, der Referenzpunkt ist jetzt erreicht, das ist gleichzeitig der Punkt C im Verfahrenprogramm SILO. Die Referenzpunktfahrt wird nur einmal durchgeführt.

- Positionieraufträge SILO:
 - Start rückwärts von C nach A (in der Nähe des Schrittmotors), Beladung
 - Start vorwärts von A nach B, Beladung
 - Start vorwärts von B nach C, EntladungIn den Silos A, B und C wird jeweils eine Wartezeit von z.B. 5 s realisiert.

Die Positionieraufträge werden zyklisch abgearbeitet, und zwar solange bis an der SPS die Betriebsart „STOP“ eingeschaltet wird.

Sollten sich ungewollte Bewegungen ergeben, dann ist der Betriebsartenschalter sofort in „STOP“ zu schalten und Fehlersuche durchzuführen.

4.5 Bei Beendigung der Positionieraufträge alles noch einmal wiederholen, d.h. die Referenzpunktfahrt mit anschließenden Positionieraufträgen SILO.

4.6 Verfolgen der Programmabarbeitung am Programmiergerät, indem zunächst die Funktion F3: TEST und dann die Funktion F3: STATUS angewählt werden. Für die Statusuntersuchung wird der FB 57 gewählt, und zwar das Laden eines Konfigurierungs- oder Positionierungstelegramms. Der Cursor ist unter die entsprechende Marke, z.B. M 002, und zwar unterhalb der SPB-Anweisung zu stellen. Bei Meldung „Statusbearbeitung läuft“ kann die SPS gestartet werden. Beobachten und deuten Sie die Angaben auf dem Display.

4.7 On-line-Korrektur der drei Positionierungstelegramme dahingehend, dass der Multiplikator für die Geschwindigkeit $G = 39$ ist. Beobachten Sie die Bewegungen des Schlittens. Das Zeitintervall ZI für die Frequenzzunahme und -abnahme ist online zu verändern, z.B. verdoppeln oder verdreifachen.

Entladezeit im Silo C verdoppeln!

5. Literatur

- [1] Projektierung der intelligenten Peripheriebaugruppe IP 267. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Automatisierungstechnik.
- [2] SIMATIC S5 Automatisierungsgerät S5-100 U. Gerätehandbuch, Siemens AG, 1992.

- [3] Softwarebeschreibung. Praktikumsunterlage. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Automatisierungstechnik.
- [4] Strohrmann, G.: Automatisierungstechnik 1. Grundlagen, analoge und digitale Prozessleitsysteme. München, Wien: R. Oldenbourg Verlag, 1998.
- [5] Auer, A.: SPS. Programmierung, Beispiele und Aufgaben. Heidelberg: Hüthig Verlag, 1994.
- [6] Grötsch, E.E.; Seubert, L.: SPS: speicherprogrammierbare Steuerungen. Band 2. München u.a.: R. Oldenbourg Verlag, 1997.
- [7] Auer, A.: SPS. Aufbau und Programmierung. Heidelberg: Hüthig Verlag, 1996.
- [8] *Grötsch, E.E.; Seubert, L.: SPS: speicherprogrammierbare Steuerungen. Band 1. Einführung und Übersicht. München u.a.: R. Oldenbourg Verlag, 1996.*