

Praktikumversuch:

## **Anwendung des Prozessreglers SIPART DR 20**

### **1. Versuchsziel**

Kennen lernen der Programmierung und Anwendung eines typischen digitalen Prozessreglers am Modell eines einfachen Drehzahlregelkreises.

### **2. Grundlagen**

Der digitale Prozessregler SIPART DR20 besitzt 3 Bedienebenen:

#### **2.1. Prozessbedienung:**

Die Bedienung des Gerätes bei Steuerung oder Regelung eines Prozesses erfolgt durch speziell gestaltete Elemente an der Frontplatte des DR20 (siehe Abbildung 3-1).

#### **2.2. Parametrieren:**

Die einzelnen Kennwerte und Parameter zur Anpassung des Gerätes an die Streckendaten werden im Online-Betrieb aufgerufen und eingestellt. Die einstellbaren Parameter sind in Tabelle 1 dargestellt.

#### **2.3. Strukturieren:**

Im Programmspeicher des Gerätes ist eine große Anzahl von vorbereiteten Funktionen für die Regelung verfahrenstechnischer Anlagen hinterlegt. Die Auswahl der für den Prozessbetrieb nötigen Struktur des Gerätes erfolgt im Offline-Betrieb durch Software-schalter, die in der Betriebsanleitung in Tabellen festgelegt sind.

Um ungewollte und Fehlbedienungen des SIPART DR20 zu vermeiden, sind zum Umschalten in die Parametrierung und Strukturierung mehrere Bedienhandgriffe erforderlich, die innerhalb von 20 s erfolgen müssen. Andernfalls erfolgt automatischer Rücksprung zur Bedienung im Prozessbetrieb.

### 3. Anzeige- und Bedienfunktionen des SIPART DR 20

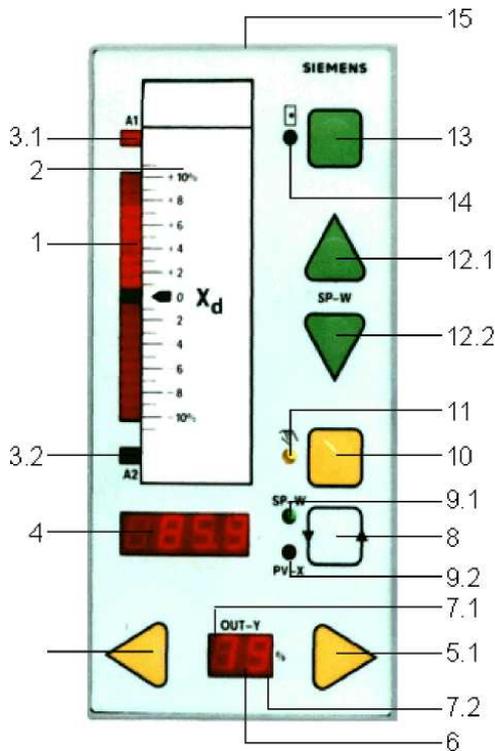


Abbildung 3-1: Anzeige- und Bedienfunktionen

- 1 Regeldifferenz-Anzeige
- 2 Auswechselbares Beschriftungsbild
- 3.1 LED für Alarmmeldung A1
- 3.2 LED für Alarmmeldung A2
- 4 Digitalanzeige für w-x-A2-A1 sowie Parameter und Strukturen
- 5.1 Stellgrößenverstellung Handbetrieb in Richtung 0 %-Anzeige
- 5.2 Stellgrößenverstellung Handbetrieb in Richtung 100 %-Anzeige
- 6 Digitalanzeige der Stellgröße von -9 % bis 109 %
- 7.1 Punkt leuchtet bei S-Reglern bei Durchschaltung von -Ay
- 7.2 Punkt leuchtet bei S-Reglern bei Durchschaltung von +Ay
- 8 Umschalter für Digitalanzeige 4 sowie zum Aktivieren von Parametrieren, Strukturieren und zur Lampenprüfung
- 9.1 LED leuchtet, wenn w im Display 4 angezeigt wird
- 9.2 LED leuchtet, wenn x im Display 4 angezeigt wird
- 10 Umschalter für Hand- / Automatikbetrieb
- 11 LED leuchtet im Handbetrieb, blinkt bei externem Eingriff (Nachführen der Stellgröße N, Sicherheitsbetrieb Si, Blockieren der Stellgröße BI)
- 12.1 Taster zur Erhöhung des internen Sollwertes
- 12.2 Taster zur Reduzierung des internen Sollwertes
- 13 Umschaltung interner/externer Sollwert
- 14 LED leuchtet bei int. Sollwert, blinkt bei bestimmten SPC- und DDC-Betriebszuständen
- 15 Verschlusskappe zum Skalenwechsel

Tabelle 3-1: Parametrieren des Gerätes

Parameter	Zeichen	Anzeige auf (6)	Min.	Max.	Werkseinst.	Dim.	Bemerkungen
Vorhaltverstärkung	<b>Vv</b>	„uu“	1.00	10.0	5.000		
Proportionalitätsbei-	<b>Kp</b>	„cP“	0.100	100.0	0.100		
Nachstellzeit	<b>Tn</b>	„tn“	1.00	9984	9984	s	Bei PI-ReglerS28 = 0
Arbeitspunkt	<b>Y0</b>	„y0“	Auto	99.5	Auto	%	BeiP-ReglerS28 = 1 „
Vorhaltzeit	<b>Tv</b>	„tu“	oFF 1.00	1000	oFF	s	Tv = Td Vv Mit „oFF“ wird - das D-Glied, - das Filter bzw. - die Sollwert-Rampe abgeschaltet.
Filterzeitkonstante für $x_d$	<b>TF</b>	„tF“	oFF 1.00	1000	oFF	s	
Sollwertrampe	<b>Tw</b>	„tS“	oFF 1.00	9984 100	oFF	s	für S1 * 7/8 für S1 = 7/8
Ventilstellzeit/ Periode y +	<b>Ty T+</b>	„ty“	1.00	1000	60.00	s	Nur für S-Regler, T+ /T- gelten für die beiden Ausgangskanäle beim Zweipunktregler S2 = 1.
Periode y -	<b>T-</b>	„t-“	1 00	1000	60.00	s	
Messanfang 0 %	<b>LA</b>	„LA“	-1999	9999	0.0		
Stützw. 1/8 = 12.5%	<b>L1</b>	„L1“	-1999	9999	0.0		Sei S14 = 0 und S1 = 7,8 sind die Parameter L1 ... L7 wirkungslos
Stützw. 2/8 = 25 %	<b>L2</b>	„L2“	-1999	9999	00		
Stützw. 3/8 = 37.5 %	<b>L3</b>	„L3“	-1999	9999	0.0		
Stützw. 4/8 = 50%	<b>L4</b>	„L4“	-1999	9999	0.0		
Stützw. 5/8 = 62,5 %	<b>L5</b>	„L5“	-1999	9999	0.0		
Stützw. 6/8 = 75 %	<b>L6</b>	„L6“	-1999	9999	0.0		
Stützw. 7/8 = 87.5%	<b>L7</b>	„L7“	-1999	9999	00		
Messende 100 %	<b>LE</b>	„LE“	-1999	9999	100.0		
Sollwertbegrenzung Anfang	<b>wa</b> wva	„SA“	-1999	9999	-5.0		Es können nur Werte wa/wva < we/wve eingestellt werden.
Sollwertbegrenzung Ende	<b>we</b> wve	„SE“	-1999	9999	105.0		
Sicherheitsollwert	<b>wS</b>	„SH“	-1999	9999	0.0		
Grenzwert, Minimalwert	<b>A2</b>	„A2“	-1999	9999	-5.0		Es können nur Werte a2 < a1 einge- stellt werden.
Grenzwert, Maximalwert	<b>A1</b>		-1999	9999	5.0		Bei S24 = 1 sind a1, a2 auch in der Bedienebene einstellbar.
Ansprechschwelle von $x_d$	<b>A</b>	„A“	00	100	0.0	%	Bei S2 = 2 und 3 A > 0 einstellen!
Stellwertbegrenzung Anfang von $y_A$	<b>ya</b>	„yA“	-100	110.0	-5 0	%	Es können nur Werte ya < ye einge- stellt werden. Besonderheiten: S2 = 1: ya und ye legen Totzone fest S2 = 2: ya/ye unwirksam, ys nur 0/100% S1 = 10: ya/ye f. 2. Grenz- wert min/max
Stellwertbegrenzung Ende von $y_A$	<b>ye</b>	„yE“	-100	110.0	105.0	%	
Sicherheitsstellwert	<b>ys</b>	„yS“	-10.0	110.0	0.0		
Konstante 1 (Null-	<b>D</b>	„c1“	-1999	1999	0.0		
Konstante 2 (Faktor)	<b>C2</b>	„c2“	-	199,9	0.0	%	

Bei  $y_0 =$  Auto wird der Arbeitspunkt im Handbetrieb automatisch eingestellt, so dass die Umschaltung in den Automatikbetrieb stoßfrei ist.

Bei  $y_0 = 0$  bis 99.5 wird mit dem eingestellten Arbeitspunkt gearbeitet. Die Umschaltung in den Automatikbetrieb ist nicht stoßfrei.

In Verbindung mit 3-Punkt-Schrittreglern muss mit externer Stellungsrückführung (S2 = 3) gearbeitet werden. Gilt ab Softwarestand A06.

## 2.2 Parametrierung:

1. Umschalter 8 so lange betätigen, bis die zweistellige Anzeige 6 blinkend „PS“ meldet. Taster loslassen; die Anzeige „PS“ geht in Dauerlicht.
2. Die beiden Digitalanzeigen zeigen jetzt keine Prozessgrößen mehr an. Der Regler bleibt jedoch voll in Funktion und zeigt die Regeldifferenz  $x_d$  an.
3. Nun Taster 12.1 betätigen, bis die Buchstaben „PAR“ in die vierstellige Digitalanzeige eingelaufen sind. Das Gerät ist jetzt parametrierbar.
4. Mit den Tastern 5.1 und 5.2 die Parameterliste vorwärts oder rückwärts „durchblättern“. Die Anzeige 6 signalisiert den angewählten Parameter.
5. Den jeweils aufgerufenen Parameter mit den Tastern 12.1 oder 12.2 einstellen. Sein Wert wird vom vierstelligen Display 4 angezeigt.
6. Rückschaltung in den Prozessbetrieb erfolgt durch einmaliges Betätigen des Tasters 8.

## 2.3 Strukturierung

Zur Umschaltung in die Struktureinstellung ist ebenso vorzugehen, wie bei der Parametrierung.

1. Umschalter 8 so lange betätigen, bis der zweistellige Anzeiger 6 blinkend „PS“ meldet. Taster loslassen; die Anzeige „PS“ geht in Dauerlicht.
2. Nun Taster 12.1 so oft betätigen, bis in der vierstelligen Anzeige 4 zuerst die Buchstaben „PAR“ und dann „Str“ eingelaufen sind. Der Regler ist jetzt strukturierbar.  
**Das Gerät blockiert seinen Ausgang. Die Anzeige 1 zeigt ein Streifenmuster.**
3. Mit den Tastern 5.1 und 5.2 lässt sich die Strukturschalterliste vorwärts oder rückwärts „durchblättern“. Der zweistellige Digitalanzeiger 6 signalisiert jetzt den angewählten Strukturschalter.
4. Den jeweils aufgerufenen Strukturschalter mit den Tastern 12.1 oder 12.2 einstellen. Die gewählte Einstellung wird an Anzeige 4 wiedergegeben.
5. Zurückgeschaltet wird durch Betätigen des Tasters 8. Dabei springt das Gerät zuerst in Parametriermodus, bei nochmaliger Betätigung des Tasters 8 dann in den Prozessbetriebsmodus.

**Der Regler befindet sich jetzt im absoluten Handbetrieb, d. h. die Steuersignale N, Bl, Si haben erst Wirkung, wenn die Automatik-/Hand-Taste 10 einmal betätigt wurde.**

Die Wirkungsweise der Strukturschalter wird im Wirkungsplan des Reglers deutlich.

Ein Teil der internen Reglerstruktur ist in Abbildung 3-2 dargestellt.

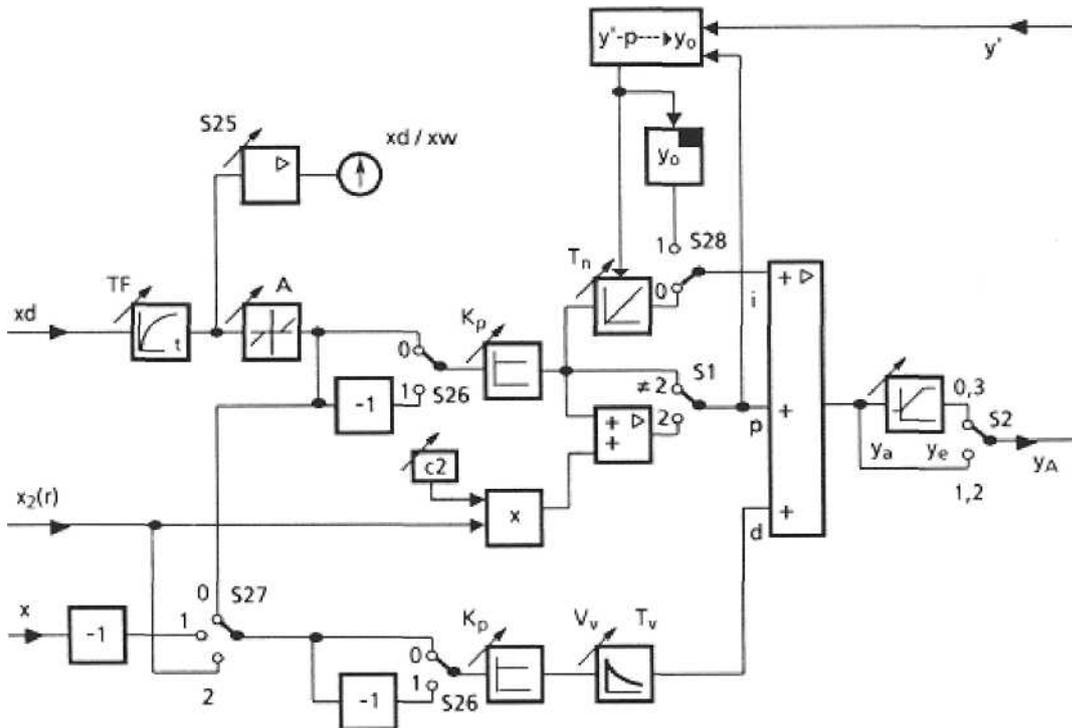


Abbildung 3-2: Interne Struktur des SIPART DR20, PID-Regler

#### 4. Versuchsaufbau

Im Versuch wird der digitale Prozessregler SIPART DR20 zur Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors verwendet (siehe Bild 3).

Der Modellmodul „Drehzahlregelstrecke“ besteht aus einer Motoransteuerung und einem Gleichstrommotor, der eine Schwungscheibe antreibt. Die Drehzahl wird mit einem Tachogenerator auf der Motorachse gemessen und als Istwert zurückgeführt. Über ein Potentiometer kann ein zweiter Motor angesteuert werden, der, über einen Riemenantrieb mit dem Gleichstrommotor verbunden, als aktive Bremse wirkt und damit ein Lastmoment simuliert.

Neben dieser aktiven Motorbremse können weiterhin drei externe Störgrößen Z1...Z3 aufgeschaltet werden:

- Die Störgröße  $Z_1$  wird direkt der Stellgröße überlagert.
- Die Störgröße  $Z_2$  wirkt auf die aktive Motorbremse und simuliert eine Laststörung.
- Die Störgröße  $Z_3$  wirkt auf die Tachogeneratorspannung und somit direkt auf die Istwertmessung (Bild 2).

Die Sprungfunktionen zur Aufnahme des Übergangsverhaltens des geschlossenen Regelkreises bei Führung und Störung werden an einem Funktionsgenerator im Modellaufbau eingestellt und eingeschaltet.

Der zeitliche Verlauf der Regelgröße wird mit einem X-Y-Schreiber erfasst.

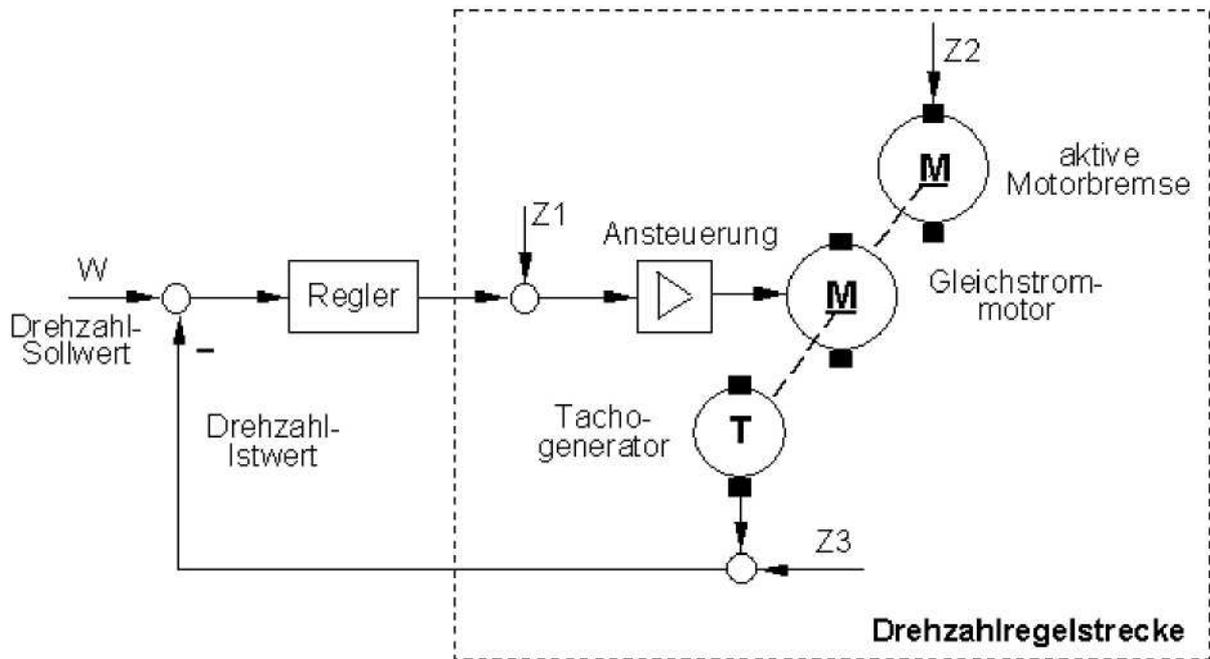


Abbildung 4-1: Wirkungsplan des Drehzahlregelkreises

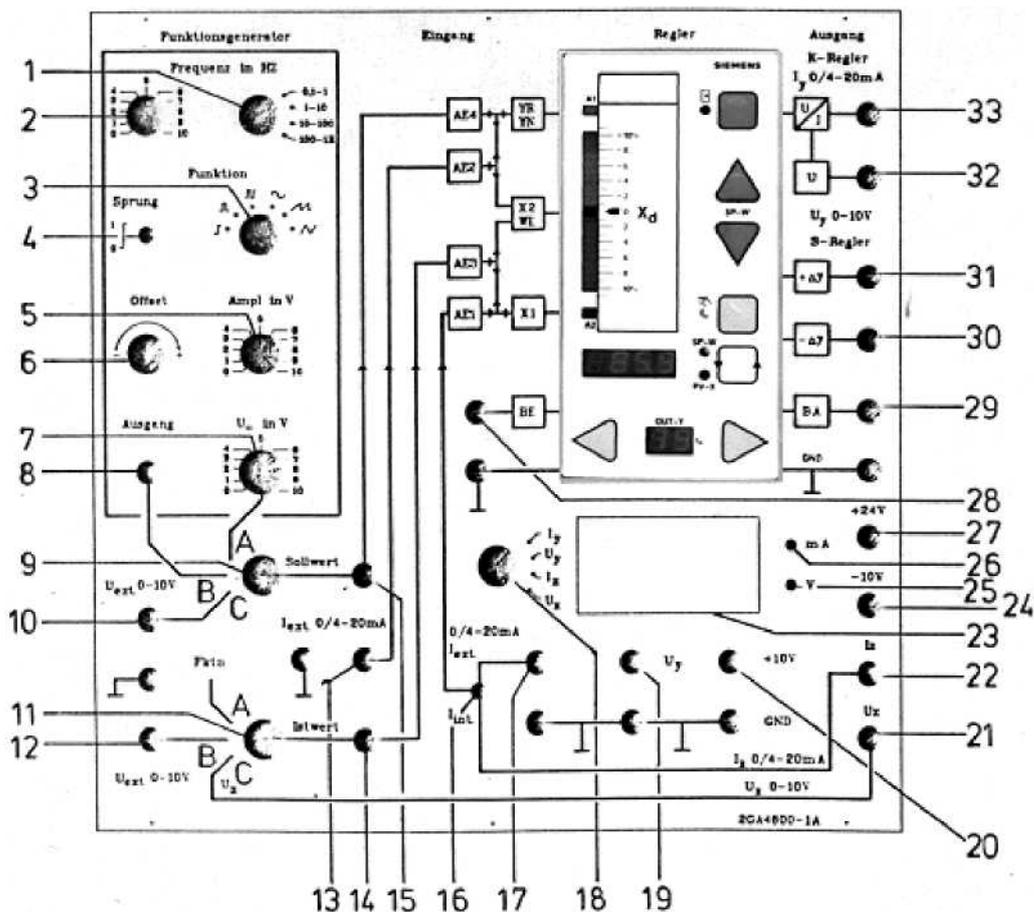


Abbildung 4-2: Bedienelemente am Modellaufbau

## 5. Versuchsdurchführung

### 5.1. Reglerstrukturierung

Zur Drehzahlregelung des Motors soll ein PI-Regler eingesetzt werden.

Aus der Betriebsanleitung wurde die in Tabelle 2 aufgelistete Schalterbelegung für die Struktureinstellung des DR20 ermittelt.

Strukturieren Sie den Regler bzw. überprüfen Sie, ob die Strukturschalter entsprechend der Tabelle 3-1 richtig eingestellt sind.

### 4.2. Reglerparametrierung

Für die gegebene Regelstrecke wurden für den PI-Regler die Kennwerte  $K_p = 4,0$  und  $T_n = 6$  s bestimmt.

Parametrieren Sie den Regler mit den in Tabelle 2 angegebenen weiteren Parametern und analysieren Sie die Bedeutung der jeweiligen Größe. Überlegen Sie, welche Werte für den Betrieb als PI-Regler relevant sind.

Tabelle 5-1: Einstellungen SIPART DR20 als PI-Regler für eine Drehzahlregelung

Strukturierung		Parametrierung			
Schalter	Wert	Parameter		Anzeige	Wert
1	4	Vorhaltverstärkung	Vv	uu	1.0
2	0	Proportionalitätsbeiwert	Kp	cp	4.0
3	0	Nachstellzeit	Tn	tn	6.0
4	0	Vorhaltzeit	Tv	tu	oFF
5	0	Filterzeitkonstante	TF	tF	5.9
6	0	Sollwerttrampe	Tw	tS	oFF
7	0	Ventilstellzeit Tv bzw. Peri-	v+	tv	60.0
8	1	Periode	v-	t-	60.0
9	0				
10	1	Meßanfang	0%	LA	0
11	0	Stützwert	12.5%	L1	0
12	0	Stützwert	25%	L2	0
13	0	Stützwert	37.5%	L3	0
14	0	Stützwert	50%	L4	0
15	0	Stützwert	62.5%	L5	0
16	0	Stützwert	75%	L6	0
17	0	Stützwert	87.5%	L7	0
18	0	Meßende	100%	LE	100
19	0				
20	0	Sollwertbegrenzung Anfang	wva/wa	SA	-5.0
21	0	Sollwertbegrenzung	wve/we	SE	105.0
22	0	Sicherheitsollwert	ws	SH	0
23	0				
24	0	Grenzwert min.	A2	A2	-199.5
25	-2	Grenzwert ax.	A1	A1	999.9
26	0				
27	0	Ansprechschwelle von xd	A	A	0
28	0				
29	0	Stellwertbegrenzung Anfang	va	YA	-5.0
30	0	Stellwertbegrenzung Ende	ve	YE	105.0
31	0	Sicherheitsstellwert	vs	YS	0
32	0				
33	0	Konstante 1 Nullpunkt		d	0
34	0	Konstante 2 Faktor		c2	0
35	0				
36	0				
37	0				
38	0				
39	0				
40	0				
41	0				
42	0				
43	0				
44	0				
45	0				
46	0				
47	0				
48	0				

## 5.2. Führungsverhalten des Regelkreises

Schalten Sie auf den geschlossenen Drehzahlregelkreis einen Sprung der Führungsgröße von  $U = 6 \text{ V}$  ein. Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Regelgröße für die Reglerkennwerte:

- $K_p = 4,0$ ,  $T_n = 6 \text{ s}$  ;
- $K_p = 10,0$ ,  $T_n = 6 \text{ s}$  ;
- $K_p = 20,0$ ,  $T_n = 6 \text{ s}$  ;

mit dem Schreiber auf (empfohlene Geschwindigkeit  $1 \text{ cm/s}$ ).

### Einstellen der Sprungfunktion für die Führungsgröße:

Die Bezeichnungen der Bedienelemente am Modellaufbau sind in Abbildung 4-2 aufgezeigt.

- Stellen Sie den Wahlschalter 3 auf die Funktion „Sprung“ ( ). Legen Sie den Kippschalter 4 in die Stellung „0“ um.  
Der Funktionsgenerator und damit der Eingang B des Wahlschalters sind ausgeschaltet.
- Stellen Sie den Wahlschalter 9 in Stellung „B“ (Ausgang Funktionsgenerator). Stellen Sie nun am Potentiometer 7 die gewünschte Gleichspannung  $U = 6 \text{ V}$  ein.
- Stellen Sie den Wahlschalter 11 (Istwert) in Stellung „C“ (Spannungsrückführung der Regelgröße  $U_x$ ).
- Verbinden Sie Buchse 14 (Istwert  $U_x$ ) und Masse (GND) mit dem Schreibereingang.
- Bereiten Sie den X-Y-Schreiber für die Aufzeichnung vor Papier einlegen Papier fixieren Schreibstift absenken.
- Starten Sie am Schreiber die Aufzeichnung und geben Sie durch Umschalten des Wahlschalters 9 von Stellung „B“ nach Stellung „A“ einen Sollwertsprung von  $U_w = 6 \text{ V}$  auf den geschlossenen Regelkreis.

Wiederholen Sie die Aufzeichnung der Sprungantwort des geschlossenen Regelkreises bei Führung mit veränderten Kennwerten  $K_p$ .

Stellen Sie danach wieder den Kennwert  $K_p = 4$  ein.

### 5.3. Störverhalten des Regelkreises

Gehen Sie wie unter Teilaufgabe 5.2 vor, schalten Sie jedoch nach Beendigung des Übergangsprozesses vom Führungsverhalten eine Störgröße von  $U_z = 2 \text{ V}$  jeweils:

- für die Störgröße  $Z_1$ ,
- für die Störgröße  $Z_2$
- und die Störgröße  $Z_3$

ein und nach dem Ausregeln wieder aus.

Verbinden Sie dazu den Ausgang 8 des Funktionsgenerators mit dem jeweiligen Störgrößen-  
eingang  $Z_1$  bzw.  $Z_3$  an der Drehzahlregelstrecke.

#### Einstellen der Sprungfunktion für die Störgröße:

Die Bezeichnungen der Bedienelemente am Modellaufbau sind in Abbildung 4-2 aufgezeigt

- Stellen Sie am Potentiometer 5 die gewünschte Gleichspannung  $U = 2 \text{ V}$  ein. Legen Sie den Kippschalter 4 in die Stellung „0“ um.
- Starten Sie am Schreiber die Aufzeichnung und geben Sie durch Umschalten des Wahlschalters 9 von Stellung „B“ nach Stellung „A“ einen Sollwertsprung von  $U_w = 6 \text{ V}$  auf den geschlossenen Regelkreis.
- Legen Sie nach Ausregeln des Führungssprunges den Kippschalter 4 in die Stellung „1“ um (positive Störgröße).
- Legen Sie nach Ausregeln der Störung den Kippschalter 4 wieder in die Stellung „0“ um (negative Störgröße).

## 6. Versuchsauswertung

### 6.1. Versuchsaufbau

Welche dynamischen Eigenschaften hat die Regelstrecke (Typ, Zeitkonstanten)?

### 6.2. Führungsverhalten

Vergleichen Sie das Regelverhalten des geschlossenen Kreises bei unterschiedlichem Übertragungsbeiwerten  $K_p$ . Welchen Einfluss hat die Vergrößerung von  $K_p$  ?

Kann bei der Drehzahlregelung eine bleibende Regeldifferenz auftreten?

Analysieren Sie die Kurvenform des Führungsverhaltens. Welche Schlussfolgerungen sind daraus zu ziehen?

### 6.3. Störverhalten

Wie wirken die Störgrößen  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  prinzipiell?

Ist die Drehzahl vor und nach Ausregeln der Störung  $Z_3$  gleich? Welche Nachweismethode schlagen Sie vor?