

Bewertung

Aufgabe	Thema	Maximale Punkte	Erreichte Punkte	Faktor	Punkte
1	Brückenschaltung	100		0,15	
2	Photovoltaik Inselbetrieb	100		0,15	
3	Erdschluss	100		0,15	
4	VDE-Vorschriften/ VDE-Messungen	100		0,10	
5	Leitungsdimensionierung	100		0,25	
6	SPS	100		0,20	
			Summe:	1,00	

Summe Punkte

Aufgabe 1: Brückenschaltung. (Blatt 1)

Ihr Auszubildender kommt zu Ihnen und bittet um Hilfe bei folgender Berufsschulaufgabe.

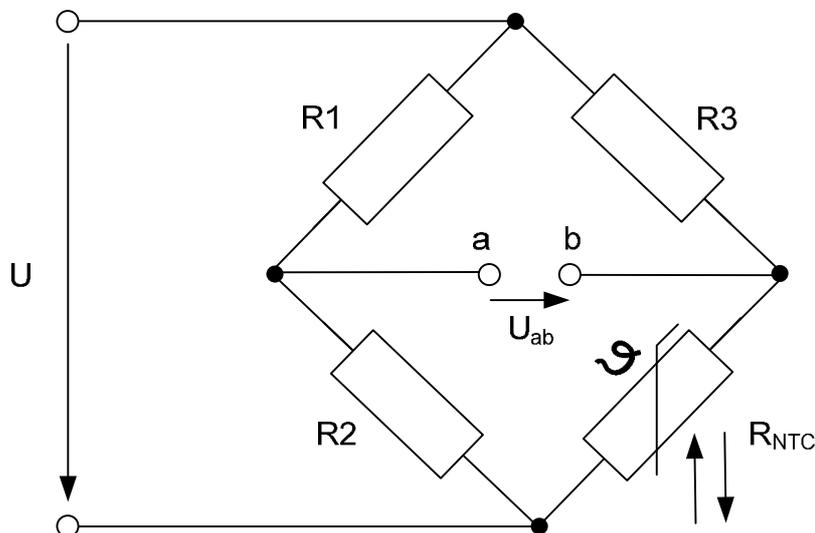
Die nachfolgende Brückenschaltung ist Bestandteil einer Einzelraumregelung, in welcher sich ein Temperaturfühler (NTC-Widerstand) befindet.

Bei einem Nennwert von $\vartheta_N = 20^\circ \text{C}$ beträgt $R_{\text{NTC}} = 18 \text{ k}\Omega$.

Sein Temperaturbeiwert beträgt $\alpha = -3 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{\text{K}}$. Die Widerstände des anderen Zweiges betragen $R_1 = 5,6 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$.

Die Brückenschaltung liegt an einer Spannung von $U = 24 \text{ V}$ „DC“.

Sie lösen die Aufgaben 1.1 und 1.2 im Beisein von Ihrem Auszubildenden für einen ihm verständlichen Rechenweg.



1.1	Die Brückenschaltung soll bei 20°C abgeglichen sein. Welchen Widerstandswert muss der Widerstand R_3 haben, dass diese Bedingung erfüllt ist.	30
1.2	Um welchen Betrag und mit welchem Vorzeichen ändert sich die Ausgangsspannung U_{ab} der Brückenschaltung, wenn sich die Temperatur des Fühlers von $\vartheta_1 = 20^\circ \text{C}$ auf $\vartheta_2 = 15^\circ \text{C}$ verringert?	70

Aufgabe 2. Photovoltaik. (Blatt 1)

Herr Meister, ein leidenschaftlicher Bergwanderer, besitzt im kleinen Walsertal eine Alphütte auf 1.200 m über Meeresspiegel. Eine elektrische Versorgung über das öffentliche Stromnetz ist leider nicht möglich.

Daher stellt sich Herr Meister vor, sein Vorhaben mit einer Photovoltaik Inselanlage zu realisieren und erteilt Ihnen den Auftrag, die Anlage zu planen.

Als elektrischer Verbraucher wünscht er sich:

4 Stck. LED Lampen 230 V mit je 5 Watt

1 Stck. Kaffeemaschine. 230 V 500 Watt

Der tägliche Energiebedarf der Leuchtmittel beträgt 4 h.

Die Kaffeemaschine wird 0,5 h/Tag benutzt.

Die Solar-Module können an der Südseite mit einer Dachneigung mit einem Winkel von 30° montiert werden.

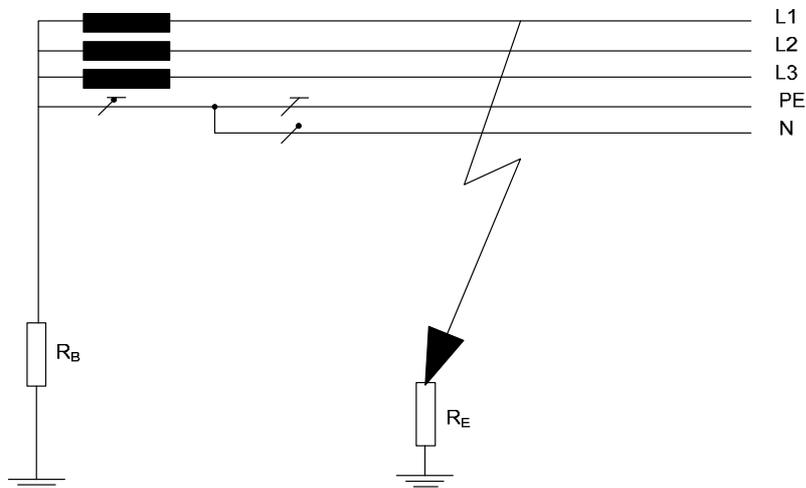
Anmerkung:

- Es können auch mehrere Module montiert werden.
- Eine Parallelschaltung der Solar-Akkumulatoren wäre möglich.
- Die Anlage wird nur über die Sommerzeit (April bis September) genutzt.
- Tägliche Energieerzeugung pro installierte 100Wp (April bis September) ca. 300Wh/Tag.
- Nicht aufgeführte Werte wie z.B. Wirkungsgrade, etc. sind zu vernachlässigen.
- Angaben zum Modul siehe Datenblatt.

2.1	Berechnen Sie den täglichen Energiebedarf in Wh.	10
2.2	Legen Sie in Ah den/die Solar-Akkumulator/-en aus. Berücksichtigen Sie auch eine Reserve (5 Tage) für Zeiten mit geringer Sonneneinstrahlung und einer Entladungstiefe von 70 %.	30
2.3	Bestimmen Sie die Anzahl der benötigten Module des Typs „Shell PowerMax Ultra 80-P“.	20
2.4	Zeichnen Sie ein Blockschaltbild mit Modul, Batterie, Laderegler, Wechselrichter mit Kleinverteiler und Sicherungen.	40

Aufgabe 3. Erdschluss. (Blatt1)

In einer elektrischen Einrichtung liegt ein Schluss (L1 -> Erde) gemäß Abbildung vor.



Durch einen Erdschluss in einer Anlage tritt zwischen dem Metallgehäuse einer Waschmaschine (SK 1), welche nicht fehlerbehaftet ist, und dem 1m entfernten Wasserhahn eine unzulässige hohe Berührungsspannung auf.

Der Wasserhahn ist an ein verzinktes Wasserrohr angeschlossen, welches Verbindung mit dem Potentialausgleich der Anlage hat.

Der Erdschluss verursacht einen Fehlerstrom über R_E von 33A. Der Erdübergangswiderstand R_E beträgt 5 Ohm. Alle anderen, nicht erwähnten, Widerstände sind zu vernachlässigen!

3.1	Um welche Netzform handelt es sich in dieser Abbildung?	10
3.2	Erläutern Sie anhand eines Ersatzschaltbildes nachvollziehbar wie es zu einer, oben genannten, unzulässig hohen Berührungsspannung zwischen Waschmaschine und Wasserhahn kommen konnte.	40
3.3	Berechnen Sie um welchen Wert die maximal zulässige Berührungsspannung zwischen Waschmaschine und Wasserhahn überschritten wurde.	20
3.4	In welchem Verhältnis müssen R_E und R_B zueinander stehen, damit die maximal zulässige Berührungsspannung nicht überschritten wird.	20
3.5	Welche VDE-Norm beschreibt das unter Frage 3.4 erwähnte Widerstandsverhältnis?	10

Aufgabe 4. VDE-Vorschriften/VDE-Messungen. (Blatt 1)

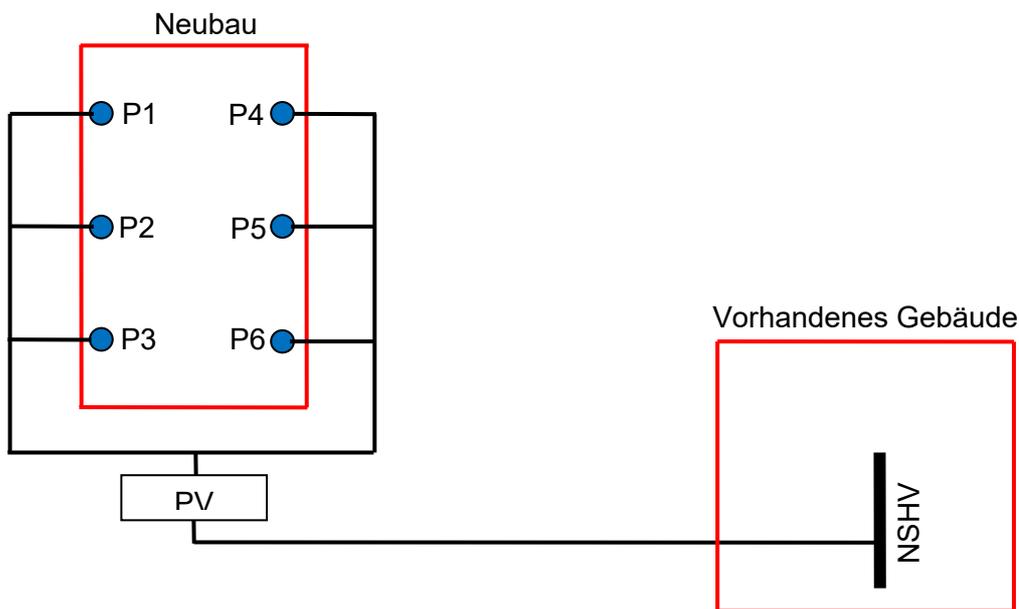
Ihr Auszubildender im 2. Lehrjahr hat sich mit dem Messen der Schleifenimpedanz bzw. des Kurzschlussstromes befasst und hat noch einige Fragen an Sie, die er nicht ganz verstanden hat.

4.1	Warum soll im Prüfprotokoll die Schleifenimpedanz Z_s nachgewiesen werden?	20
4.2	Zwischen welchen Leitern wird die Schleifenimpedanz-Messung vorgenommen?	20
4.3	Wie verhält sich der Widerstand zum Kurzschlussstrom?	10
4.4	Welche VDE-Bestimmung behandelt das Thema VDE-Messungen in elektrischen Anlagen?	10
4.5	Welche Inhalte muss ein VDE-Prüfprotokoll aufweisen in Bezug auf folgende zwei Hauptinhalte? - Besichtigen und Erproben - Messen Nennen Sie jeweils 5 Inhalte.	20
4.6	Welche Korrekturfaktoren sind bei der Bestimmung des Kurzschlussstromes zu berücksichtigen?	20

Aufgabe 5. Pumpen (Blatt 1).

In einer Gegend mit hohem Grundwasserspiegel wird ein Fabrikgebäude errichtet. Das Planungsbüro, das für den Tiefbau zuständig ist, stellt fest, dass eine Wasserhaltung notwendig ist. Dies bedeutet, dass ständig Grundwasser abgepumpt werden muss.

Zusammen mit der Elektroplanung wird folgendes Schema erstellt und die Betriebsdaten festgelegt:



In der Baugrube befinden sich 6 Pumpen.

Die Pumpen und deren Antriebsmotoren arbeiten mit Nennleistung durchgehend vom 1. April bis 30. September

Die gepumpte Wassermenge beträgt für alle 6 Pumpen zusammen $0,2 \text{ m}^3 / \text{Sekunde}$.

Die Pumphöhe beträgt 15 m. Hierin sind alle Wasserrohrverluste bis zum Auslauf enthalten. Jede Pumpe hat die gleiche Leistung und auch die Wasserrohrverluste sollen bei der Berechnung für jede Pumpe gleich groß angenommen werden.

Die Pumpen P1...P6 werden separat vom Pumpenverteiler PV mit Erdkabel NYY-J – direkt in der Erde verlegt – angefahren.

Aufgabe 5. Pumpen (Blatt 2).

Die Kabellängen vom Pumpenverteiler zu den Pumpen betragen:

P1 und P4 → PV je 80 m P2 und P5 → PV je 60 m P3 und P6 → PV je 40 m

Die Kabellänge von der Niederspannungshauptverteilung NSHV im vorhandenen Gebäude zum Pumpenverteiler beträgt 80 m. 60 m dieser Zuleitung NYY-J ist als Einzelkabel direkt in der Erde verlegt; 20 m sind im vorhandenen Gebäude auf einer gelochten Kabelwanne gemeinsam mit 2 weiteren Energiekabeln und 3 Steuerleitungen verlegt. Die Temperatur im Gebäude beträgt 30°C.

In den Längenangaben der Kabel sind alle Anschlusslängen enthalten.

Der Wirkungsgrad der Pumpen beträgt 90%.

An der NSHV wurde der Widerstand des vorgelagerten Netzes mit 0,2 Ω gemessen.

Die Motoren werden einzeln nacheinander im PV direkt von Hand eingeschaltet.

Die Netzspannung der Anlage beträgt 400 V; 50 Hz.

Der Strompreis beträgt durchgängig 0,20 €/kWh + 19 % MwSt.

Die Pumpenzuleitungen sind einzeln im PV mit NH00 Sicherungen; die Hauptzuleitung ist in der NSHV mit NH1 Sicherungen abgesichert.

Der Spannungsfall von den Pumpen zur NSHV darf maximal 3 % betragen.

5.1	Bestimmen Sie die Daten eines Pumpenanschlussmotors. (Leistung, Strom, $\cos\varphi$, Wirkungsgrad)	15
5.2	Berechnen Sie die Stromkosten des gesamten Pumpbetriebes.	15
5.3	Bestimmen Sie die Absicherung der Pumpenzuleitungen im PV und der Hauptzuleitung in der NSHV.	10
5.4	Berechnen Sie die beiden Zuleitungen nach Strombelastbarkeit und Spannungsfall und überprüfen Sie, ob die Abschaltbedingungen (I_{kmin}) eingehalten werden.	50
5.5	Bestellen Sie die Kabel bei Ihrem Großhändler (kurze schriftliche Angabe)	5
5.6	Machen Sie einen Vorschlag, wie Sie das einwandfreie Arbeiten bei der NSHV überwachen können, obwohl keine Steuerleitungen vorhanden sind.	5

Aufgabe 5 Pumpen (Blatt 3).

Hinweise zur Berechnung.

Es ist keine Reserve vorzusehen.

Der Spannungsfall ist bei einer Leitertemperatur von 20 °C zu berechnen.

Die Schleifenimpedanz ist bei einer Leitertemperatur von 80 °C zu berechnen.

Für die Bestimmung der Daten der Pumpenantriebsmotoren ist beiliegendes Datenblatt zu verwenden.

Die Verluste in den Erdkabeln sind bei der Ermittlung der Stromkosten zu vernachlässigen.

Der maximale Kurzschlussstrom ist nicht zu berechnen.

Für die Berechnung der Strombelastung der in Erde verlegten Kabel ist beiliegendes Datenblatt zu verwenden.

Die Pumpenzuleitungskabel sind alle mit gleichem Querschnitt auszuführen.

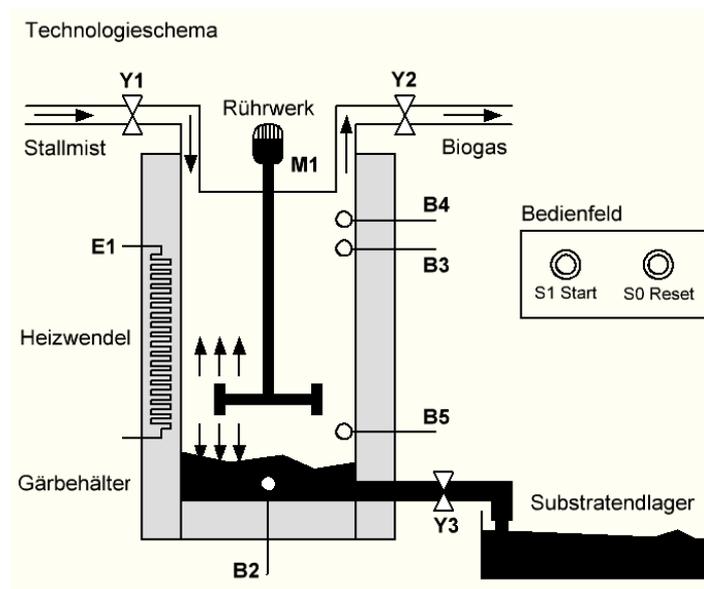
Aufgabe 6. SPS Biogasanlage. (Blatt 1)

Dem Gärbehälter einer Biogasanlage wird Stallmist zugeführt, welcher bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmt und anschließend noch eine Zeit lang gerührt wird, um daraus Biogas zu erzeugen.

Beschreibung des Prozessablaufs:

Nach Inbetriebnahme der Biogasanlage mit Taster S1 wird, wenn der Gärbehälter leer und das Ventil Y3 zum Ablassen des Faulschlammes bzw. Gärsubstrats geschlossen ist, das Zulaufventil Y1 für den Stallmist geöffnet, bis der Niveauschalter B3 anspricht. Danach schaltet das Rührwerk ein. Spricht der Gassensor B4 an, öffnet das Ventil Y2, damit das Methan-gemisch in den Gasspeicher strömen kann und die Heizung E1 schaltet ein. Meldet der Temperatursensor B5 das Erreichen der vorgegebenen Temperatur wird die Heizung abgeschaltet und die Misch-Nachlaufzeit von zehn Sekunden gestartet. Nach Ablauf dieser Zeit wird das Ventil Y2 geschlossen, das Rührwerk M1 abgeschaltet und das Ventil Y3 zum Ablassen des Faulschlammes bzw. Gärsubstrats geöffnet. Meldet der Niveauschalter B2, dass der Behälter leer ist, wird das Ventil Y3 wieder geschlossen und der Gärprozess kann wiederholt werden.

Mit der Reset-Taste kann die Ablaufkette in die Grundstellung gebracht werden.



Aufgabe 6. SPS Biogasanlage. (Blatt 2)

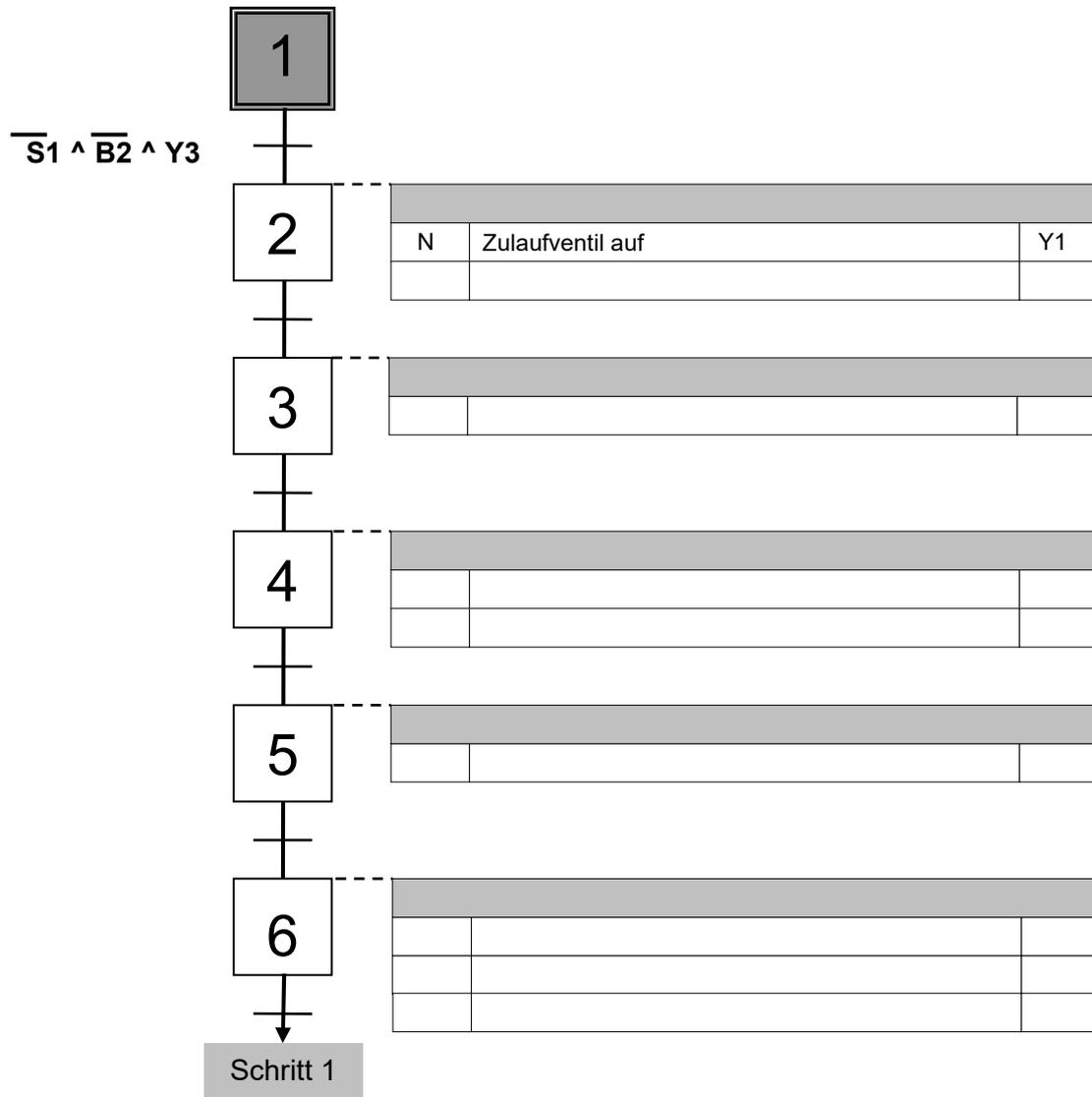
Symboltabelle:

	Status	Symbol	Adresse	Datentyp	Kommentar
1		B2	E 0.2	BOOL	Niveauschalter, Behälter leer "B2 = 0
2		B3	E 0.3	BOOL	Niveauschalter, Behälter voll "B3 = 0
3		B4	E 0.4	BOOL	Gassensor "Schließer"
4		B5	E 0.5	BOOL	Temperatursensor "Schließer"
5		E1	A 8.4	BOOL	Heizung
6		M1	A 8.5	BOOL	Rührwerkmotor
7		S0	E 0.0	BOOL	Reset-Taster "Schließer"
8		S1	E 0.1	BOOL	Start-Taster "Schließer"
9		Y1	A 8.1	BOOL	Zulaufventil "Ventil geöffnet Y1 = 1
10		Y2	A 8.2	BOOL	Biogasventil "Ventil geöffnet Y2 = 1
11		Y3	A 8.3	BOOL	Ablassventil "Ventil geöffnet Y3 = 1

6.1	Stellen Sie den Prozess in einem Funktionsablaufplan dar? Nutzen Sie dazu die Vorlage auf dem Lösungsblatt unter 6.1.	25
6.2	Das Programm soll mit Hilfe des anlagenspezifischen Funktionsbausteines FB1 gelöst werden. Sie sehen diesen als Aufruf innerhalb des Organisationsbausteines OB1 auf dem Lösungsblatt unter 6.2. Vervollständigen Sie ihn durch Parametrierung der Ein- und Ausgänge.	25
6.3	Realisieren/vervollständigen Sie mit Hilfe der Variablen-tabelle den Funktionsplan der Schritte 5 und 6 sowie die Aktionen Rührwerkmotor M1, Ablassventil Y3 und Misch-Nachlaufzeit. Hinweis: Bei der Programmierung der Aktionen ist nur der Automatikbetrieb vorzusehen. Nutzen Sie dazu den Lösungsansatz auf dem Lösungsblatt unter 6.3.	25
6.4	Erklären Sie den Unterschied zwischen einer Funktion (FC) und einem Funktionsbaustein (FB).	15
6.5	Welche Bedeutung haben die Buchstaben „N“ bzw. „D“ in den Aktionsblöcken der Schrittkette?	10

Lösung Aufgabe 6. SPS Biogasanlage. (Blatt 1)

6.1)



Lösung Aufgabe 6. SPS Biogasanlage. (Blatt 2)

6.2)

Inhalt von: 'Umgebung\Schnittstelle\IN'

Name	Datentyp	Adresse	Anfangswert	A	Kommentar
S1	Bool	0.0	FALSE	<input type="checkbox"/>	Start-Taster
B2	Bool	0.1	FALSE	<input type="checkbox"/>	Sensor Gärbehälter leer
B3	Bool	0.2	FALSE	<input type="checkbox"/>	Füllstandsensor voll
B4	Bool	0.3	FALSE	<input type="checkbox"/>	Gassensor
B5	Bool	0.4	FALSE	<input type="checkbox"/>	Temperatursensor
Timer1	Timer	2.0		<input type="checkbox"/>	Zeitbaustein
Zeit	S5Time	4.0	S5T#0ms	<input type="checkbox"/>	Zeitwert
Reset	Bool	6.0	FALSE	<input type="checkbox"/>	Rücksetz-Befehl

OBI : "Main Program Sweep (Cycle)"

Kommentar:

Netzwerk 1: Biogasanlage

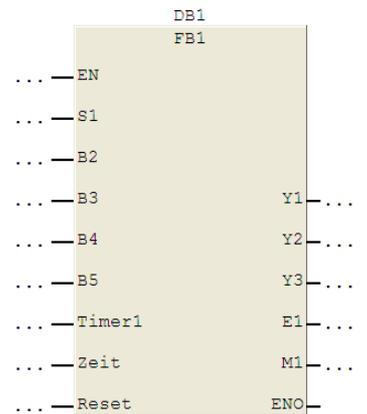
Kommentar:

Inhalt von: 'Umgebung\Schnittstelle\OUT'

Name	Datentyp	Adresse	Anfangswert	A	Kommentar
Y1	Bool	8.0	FALSE	<input type="checkbox"/>	Zulaufventil
Y2	Bool	8.1	FALSE	<input type="checkbox"/>	Gas-Auslassventil
Y3	Bool	8.2	FALSE	<input type="checkbox"/>	Ablassventil
E1	Bool	8.3	FALSE	<input type="checkbox"/>	Heizung
M1	Bool	8.4	FALSE	<input type="checkbox"/>	Rührwerkmotor

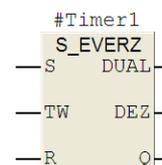
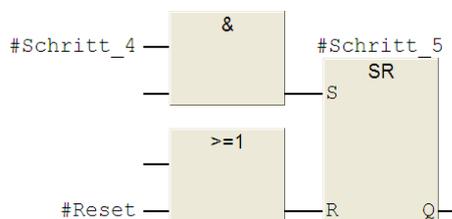
Inhalt von: 'Umgebung\Schnittstelle\STAT'

Name	Datentyp	Adresse	Anfangswert	A	Kommentar
Schritt_1	Bool	10.0	FALSE	<input type="checkbox"/>	Schritt 1
Schritt_2	Bool	10.1	FALSE	<input type="checkbox"/>	Schritt 2
Schritt_3	Bool	10.2	FALSE	<input type="checkbox"/>	Schritt 3
Schritt_4	Bool	10.3	FALSE	<input type="checkbox"/>	Schritt 4
Schritt_5	Bool	10.4	FALSE	<input type="checkbox"/>	Schritt 5
Schritt_6	Bool	10.5	FALSE	<input type="checkbox"/>	Schritt 6



Lösung Aufgabe 6. SPS Biogasanlage. (Blatt 3)

6.3)

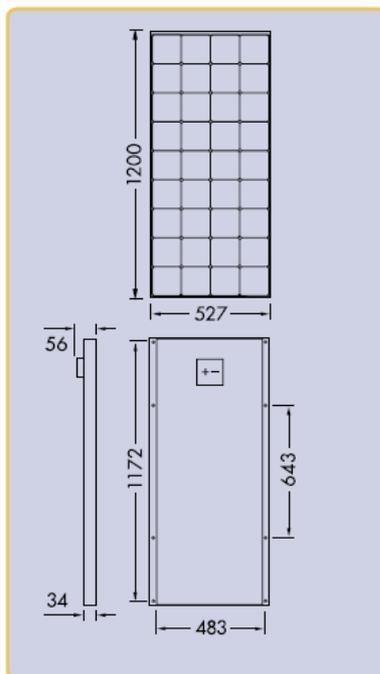


Datenblatt Photovoltaik.

Shell PowerMax Ultra 85-P/80-P
Photovoltaik Solarmodule

Mechanische Spezifikationen

Ein torsionssteifer und korrosionsbeständig eloxierter Aluminiumrahmen gewährleistet langfristige Funktion, selbst bei ungünstigem Wetter. Vorgebohrte Befestigungslöcher vereinfachen die Installation.



Außenabmessung (mm)	1200 x 527
Dicke (mit Anschlussdose) (mm)	56
Dicke (ohne Anschlussdose) (mm)	34
Gewicht (kg)	7,6
Anschlussdosentyp	ProCharger™ IP44
Größe der Anschlussdose (mm)	130 x 110 x 50

Elektrische Daten

Daten unter Standard-Testbedingungen

STC: Bestrahlungsstärke 1000 W/m², Spektrum AM 1,5 und Zelltemperatur 25°C

	Shell PowerMax	Ultra 80-P	Ultra 85-P
Nennleistung [W]	P_r	80	85
Spitzenleistung [W]	P_{mpp}^*	80	85
Modulwirkungsgrad [%]	η	12,7	13,4
Maximale Systemspannung [V]	V_{sys}	600 (UL)/715 (TÜV)	600 (UL)/715 (TÜV)
Spannung im mpp [V]	V_{mpp}	16,9	17,2
Stromstärke im mpp [A]	I_{mpp}	4,76	4,95
Leerlaufspannung [V]	V_{oc}	21,8	22,2
Kurzschlussstrom [A]	I_{sc}	5,35	5,45
Minimale Spitzenleistung [W]	$P_{mpp, min}$	76	80,75
Spitzenleistung Toleranz [%]		+/-5	+/-5

*Die Abkürzung 'mpp' steht für maximum power point (Punkt maximaler Leistung).

Typische Daten bei Zellen-Nennbetriebstemperatur (NOCT)

NOCT: Bestrahlungsstärke 800W/m², Spektrum AM 1,5, Windgeschwindigkeit 1m/s, Umgebungstemperatur 20°C

Temperatur [°C]	T_{NOCT}	45,5	45,5
Spitzenleistung [W]	P_{mpp}	59	63
Spannung im mpp [V]	V_{mpp}	15,8	16,4
Leerlaufspannung [V]	V_{oc}	20,0	20,1
Kurzschlussstrom [A]	I_{sc}	4,20	4,25

Temperatur-Koeffizienten

αP_{mpp} [%/°C]	-0,43	-0,43
αV_{mpp} [mV/°C]	-1,45	-1,45
αI_{sc} [mA/°C]	1,4	1,4
αV_{oc} [mV/°C]	-1,29	-1,29

Typische Daten bei geringer Strahlungsintensität

Die relative Verringerung des Modul-Wirkungsgrades bei einer Strahlungsintensität von 200 W/m² bezogen auf 1000 W/m² bei 25°C Umgebungstemperatur und Spektrum AM 1,5 beträgt 8%.

Meisterprüfung im Elektrotechnikerhandwerk 2014

Teil II – Prüfungsfach: Elektro- und Sicherheitstechnik

Datenblatt Drehstrommotoren.

Motorbemessungsströme von Drehstrommotoren (Richtwerte für Käfigläufer)

Kleinstmögliche Kurzschlussicherung für Drehstrommotoren
Der max. Wert richtet sich nach dem Schaltgerät bzw. Motorschutzrelais

Motorleistung			230 V			400 V			500 V			690 V		
			Motor- bemes- sungs- strom	Sicherung		Motor- bemes- sungs- strom	Sicherung		Motor- bemes- sungs- strom	Sicherung		Motor- bemes- sungs- strom	Sicherung	
kW	cos φ	η (%)	A	Anlauf direkt	Y/Δ									
0,06	0,7	58	0,37	2	–	0,21	2	–	0,17	2	–	0,12	2	–
0,09	0,7	60	0,54	2	–	0,31	2	–	0,25	2	–	0,18	2	–
0,12	0,7	60	0,72	4	2	0,41	2	–	0,33	2	–	0,24	2	–
0,18	0,7	62	1,04	4	2	0,6	2	–	0,48	2	–	0,35	2	–
0,25	0,7	62	1,4	4	2	0,8	4	2	0,7	2	–	0,5	2	–
0,37	0,72	66	2	6	4	1,1	4	2	0,9	2	2	0,7	2	–
0,55	0,75	69	2,7	10	4	1,5	4	2	1,2	4	2	0,9	4	2
0,75	0,79	74	3,2	10	4	1,9	6	4	1,5	4	2	1,1	4	2
1,1	0,81	74	4,6	10	6	2,6	6	4	2,1	6	4	1,5	4	2
1,5	0,81	74	6,3	16	10	3,6	6	4	2,9	6	4	2,1	6	4
2,2	0,81	78	8,7	20	10	5	10	6	4	10	4	2,9	10	4
3	0,82	80	11,5	25	16	6,6	16	10	5,3	16	6	3,8	10	4
4	0,82	83	14,8	32	16	8,5	20	10	6,8	16	10	4,9	16	6
5,5	0,82	86	19,6	32	25	11,3	25	16	9	20	16	6,5	16	10
7,5	0,82	87	26,4	50	32	15,2	32	16	12,1	25	16	8,8	20	10
11	0,84	87	38	80	40	21,7	40	25	17,4	32	20	12,6	25	16
15	0,84	88	51	100	63	29,3	63	32	23,4	50	25	17	32	20
18,5	0,84	88	63	125	80	36	63	40	28,9	50	32	20,9	32	25
22	0,84	92	71	125	80	41	80	50	33	63	32	23,8	50	25
30	0,85	92	96	200	100	55	100	63	44	80	50	32	63	32
37	0,86	92	117	200	125	68	125	80	54	100	63	39	80	50
45	0,86	93	141	250	160	81	160	100	65	125	80	47	80	63
55	0,86	93	173	250	200	99	200	125	79	160	80	58	100	63
75	0,86	94	233	315	250	134	200	160	107	200	125	78	160	100
90	0,86	94	279	400	315	161	250	200	129	200	160	93	160	100
110	0,86	94	342	500	400	196	315	200	157	250	160	114	200	125
132	0,87	95	401	630	500	231	400	250	184	250	200	134	250	160
160	0,87	95	486	630	630	279	400	315	224	315	250	162	250	200
200	0,87	95	607	800	630	349	500	400	279	400	315	202	315	250
250	0,87	95	–	–	–	437	630	500	349	500	400	253	400	315
315	0,87	96	–	–	–	544	800	630	436	630	500	316	500	400
400	0,88	96	–	–	–	683	1000	800	547	800	630	396	630	400
450	0,88	96	–	–	–	769	1000	800	615	800	630	446	630	630
500	0,88	97	–	–	–	–	–	–	–	–	–	491	630	630
560	0,88	97	–	–	–	–	–	–	–	–	–	550	800	630
630	0,88	97	–	–	–	–	–	–	–	–	–	618	800	630

Hinweise

Die Motorbemessungsströme gelten für normale innen- und oberflächengekühlte Drehstrommotoren mit 1500 min⁻¹.
Direkter Anlauf: Anlaufstrom max. 6 × Motorbemessungsstrom. Anlaufzeit max. 5 s.
Y/Δ-Anlauf: Anlaufstrom max. 2 × Motorbemessungsstrom. Anlaufzeit max. 15 s.
 Motorschutzrelais im Strang auf 0,58 × Motorbemessungsstrom einstellen.

Sicherungsbemessungsströme bei Y/Δ-Anlauf gelten auch für Drehstrommotoren mit Schleifringläufer.
 Bei höherem Bemessungs-, Anlaufstrom und/oder längerer Anlaufzeit größere Sicherung verwenden.
 Tabelle gilt für „träge“ bzw. „gl.“ Sicherungen (VDE 0636)
 Bei NH-Sicherungen mit aM-Charakteristik wird Sicherung = Bemessungsstrom gewählt.

Datenblatt Erdkabelverlegung.

732 20 Bemessung von Leitungen und Kabeln und Schutz gegen zu hohe Erwärmung

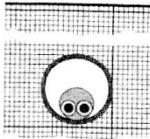
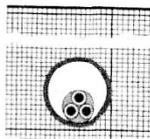
	Strombelastbarkeit in A			
	Verlegeart D nach VDE 0298-4		Verlegung direkt in Erde	
	mehradriges Kabel, wie NYY, NYCWY und NYCY im Elektroinstallationsrohr oder Kabelschacht in Erde		mehradriges Kabel, wie NYY/NYCWY/NYCY	
				
Anzahl belastete Adern:	2	3	2	3
Nennquerschnitt in mm ²				
1,5	18,5	15,5	21,5	18
2,5	25	21	29	24
4	32	27	37	31
6	40	34	47	40
10	54	45	63	52
16	69	59	81	69
25	88	76	103	89
35	106	91	124	106
50	126	108	147	126
70	156	133	182	156
95	184	161	215	188
120	209	183	244	214
150	236	205	276	234
185	265	231	310	270
240	307	266	359	311
300	347	298	406	348

Tabelle 20.13 Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für die Verlegung in Erde entsprechend der Verlegeart D

Die Berücksichtigung der verschiedenen Umrechnungsfaktoren wurde bereits in Abschnitt 20.3.1 dieses Buchs erläutert. Auch hier muss die reale Strombelastbarkeit des betrachteten bzw. geplanten Kabels zunächst nach Gl. (20.12) aus den Werten der Tabelle 20.13 dieses Buchs berechnet werden.

Datenblatt Erdkabelhäufung.

20.3 Strombelastbarkeit

733

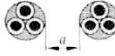
Anzahl der Stromkreise	Abstand von Kabel zu Kabel (a)*				
	Null (mit Berührung)	Ein Kabel-durchmesser	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80
* mehrdrige Kabel					
* einadrige Kabel					

Tabelle 20.14 Umrechnungsfaktoren für Häufung von direkt im Erdboden verlegten Kabeln nach DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4):2003-08
 Die angegebenen Werte gelten für eine Verlegetiefe von etwa 0,7 m und einen spezifischen Erdwärmewiderstand von $2,5 \text{ K} \cdot \text{m}/\text{W}$. Es handelt sich um Mittelwerte, die in Extremfall Fehler bis zu $\pm 10 \%$ enthalten können.

Anzahl der Kabel oder ummantelten Installationsleitungen	Abstand von Kabelschacht zu Kabelschacht (a)							
	Mehrdrige Kabel oder ummantelte Installationsleitungen				Einadrige Kabel oder ummantelte Installationsleitungen			
	Null (mit Berührung)	0,25 m	0,5 m	1,0 m	Null (mit Berührung)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,70	0,80	0,85	0,90	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90	0,60	0,70	0,80	0,90

Anmerkung Die angegebenen Werte gelten für eine Verlegetiefe von 0,7 m und einen spezifischen Wärmewiderstand des Erdbodens von $2,5 \text{ K} \cdot \text{m}/\text{W}$. Es handelt sich um Mittelwerte für den in Tabellen 3 bis 6 der Norm betrachteten Bereich von Kabelnennquerschnitten und -bauarten. Die Mittelwertbildung einschließlich Rundung kann in einigen Fällen Fehler bis zu $\pm 10 \%$ ergeben. (Falls genauere Werte erforderlich sind, können diese nach Verfahren in IEC 60287 berechnet werden.)

Tabelle 20.15 Umrechnungsfaktoren für Häufung von Kabeln, die im Rohr oder im Schacht im Erdreich verlegt wurden, nach DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4):2003-08
 Die angegebenen Werte gelten für eine Verlegetiefe von etwa 0,7 m und einen spezifischen Erdwärmewiderstand von $2,5 \text{ K} \cdot \text{m}/\text{W}$. Es handelt sich um Mittelwerte, die in Extremfall Fehler bis zu $\pm 10 \%$ enthalten können.

Datenblatt Erdkabel

02 Kabel und Leitungen
Starkstromkabel/Erdkabel

Erdkabel NYY-J VDE 0276 4-5adrig

Artikelklasse: Starkstromkabe

02 00 401

Energieversorgungskabel nach VDE 0276 zur Verwendung im Freien, in der Erde, im Wasser, in Beton, in Innenräumen, Kabelkanälen, für Kraftwerke, Industrie und Schaltanlagen sowie in Ortsnetzen, wenn mechanische Schäden nicht zu erwarten sind. Max. Betriebstemperatur 70 °C.
 Kupferbasis: Hohlpreise

Ader-Isolation: PVC
 Ader-Kennzeichnung: Farbe
 Schutzleiter: Ja
 Mantel-Material: PVC
 Mantel-Farbe: schwarz
 Halogenfrei nach EN 50267-2-2: Nein
 Nennspannung U₀: 0,6 kV
 Nennspannung U: 1 kV

Leiter-Nennquerschnitt	Leiter-Form	Ader-Zahl	Außendurchmesser ca.	Gewicht pro km	Lieferform	Cu-Zahl	Typenbezeichnung	VPE	Artikel-Nr.	€
1,5 mm ²	rund	4	12 mm	220 kg	Ring	58,0	NY-Y-J 4x1,5 RE	50 m	02 00 400	‰ 1359,00
1,5 mm ²	rund	4	12 mm	220 kg	Ring	58,0	NY-Y-J 4x1,5 RE	100 m	02 00 401	‰ 1359,00
1,5 mm ²	rund	4	12 mm	220 kg	Trommel	58,0	NY-Y-J 4x1,5 RE	500 m	02 30 402	‰ 1359,00
2,5 mm ²	rund	4	13,2 mm	290 kg	Ring	96,0	NY-Y-J 4x2,5 RE	50 m	02 00 561	‰ 1388,00
2,5 mm ²	rund	4	13,2 mm	290 kg	Ring	96,0	NY-Y-J 4x2,5 RE	100 m	02 00 581	‰ 1388,00
2,5 mm ²	rund	4	13,2 mm	290 kg	Trommel	96,0	NY-Y-J 4x2,5 RE	500 m	02 30 403	‰ 1388,00
4 mm ²	rund	4	15,3 mm	400 kg	Trommel	154,0	NY-Y-J 4x4 RE	500 m	02 30 404	‰ 2001,00
6 mm ²	rund	4	16,3 mm	520 kg	Trommel	230,0	NY-Y-J 4x6 RE	500 m	02 30 405	‰ 2315,00
10 mm ²	rund	4	19,6 mm	720 kg	Trommel	384,0	NY-Y-J 4x10 RE	500 m	02 30 406	‰ 2876,00
16 mm ²	rund	4	21,4 mm	1050 kg	Trommel	614,0	NY-Y-J 4x16 RE	500 m	02 30 407	‰ 4047,00
25 mm ²	rund	4	25,5 mm	1600 kg	Trommel	960,0	NY-Y-J 4x25 RM	250 m	02 30 120	‰ 7526,00
35 mm ²	sektorförmig	4	27,7 mm	1750 kg	Trommel	1344,0	NY-Y-J 4x35 SM	1 m	02 20 409	‰ 8096,00
50 mm ²	sektorförmig	4	29,8 mm	2300 kg	Trommel	1920,0	NY-Y-J 4x50 SM	1 m	02 20 410	‰ 9694,00
70 mm ²	sektorförmig	4	36,6 mm	3100 kg	Trommel	2688,0	NY-Y-J 4x70 SM	1 m	02 20 411	‰ 12875,00
95 mm ²	sektorförmig	4	40,8 mm	4200 kg	Trommel	3648,0	NY-Y-J 4x95 SM	1 m	02 20 412	‰ 16795,00
120 mm ²	sektorförmig	4	44,8 mm	5200 kg	Trommel	4608,0	NY-Y-J 4x120 SM	1 m	02 20 413	‰ 22943,00
150 mm ²	sektorförmig	4	49 mm	6400 kg	Trommel	5760,0	NY-Y-J 4x150 SM	1 m	02 20 414	‰ 27439,00
185 mm ²	sektorförmig	4	55,3 mm	8500 kg	Trommel	7104,0	NY-Y-J 4x185 SM	1 m	02 20 415	‰ 36437,00
240 mm ²	sektorförmig	4	62 mm	11000 kg	Trommel	9216,0	NY-Y-J 4x240 SM	1 m	02 30 416	‰ 43571,00
1,5 mm ²	rund	5	13 mm	270 kg	Ring	72,0	NY-Y-J 5x1,5 RE	50 m	02 00 420	‰ 1514,00
1,5 mm ²	rund	5	13 mm	270 kg	Ring	72,0	NY-Y-J 5x1,5 RE	100 m	02 00 421	‰ 1514,00
1,5 mm ²	rund	5	13 mm	270 kg	Trommel	72,0	NY-Y-J 5x1,5 RE	500 m	02 30 422	‰ 1514,00
2,5 mm ²	rund	5	15 mm	350 kg	Ring	120,0	NY-Y-J 5x2,5 RE	50 m	02 00 567	‰ 1694,00
2,5 mm ²	rund	5	15 mm	350 kg	Ring	120,0	NY-Y-J 5x2,5 RE	100 m	02 00 587	‰ 1694,00
2,5 mm ²	rund	5	15 mm	350 kg	Trommel	120,0	NY-Y-J 5x2,5 RE	500 m	02 30 423	‰ 1694,00
4 mm ²	rund	5	17 mm	480 kg	Ring	192,0	NY-Y-J 5x4 RE	50 m	02 00 568	‰ 2269,00
4 mm ²	rund	5	17 mm	480 kg	Trommel	192,0	NY-Y-J 5x4 RE	500 m	02 30 424	‰ 2269,00
6 mm ²	rund	5	18,3 mm	610 kg	Trommel	288,0	NY-Y-J 5x6 RE	500 m	02 30 425	‰ 2777,00
6 mm ²	rund	5	18,3 mm	610 kg	Ring	288,0	NY-Y-J 5x6 RE	50 m	02 00 569	‰ 2777,00
10 mm ²	rund	5	20 mm	880 kg	Trommel	480,0	NY-Y-J 5x10 RE	500 m	02 30 426	‰ 3531,00
16 mm ²	rund	5	22,4 mm	1250 kg	Trommel	768,0	NY-Y-J 5x16 RE	500 m	02 30 026	‰ 5070,00
25 mm ²	rund	5	27,5 mm	1960 kg	Trommel	1200,0	NY-Y-J 5x25 RM	500 m	02 30 118	‰ 9459,00
35 mm ²	rund	5	34 mm	2400 kg	Trommel	1680,0	NY-Y-J 5x35 RM	1 m	02 30 069	‰ 11228,00