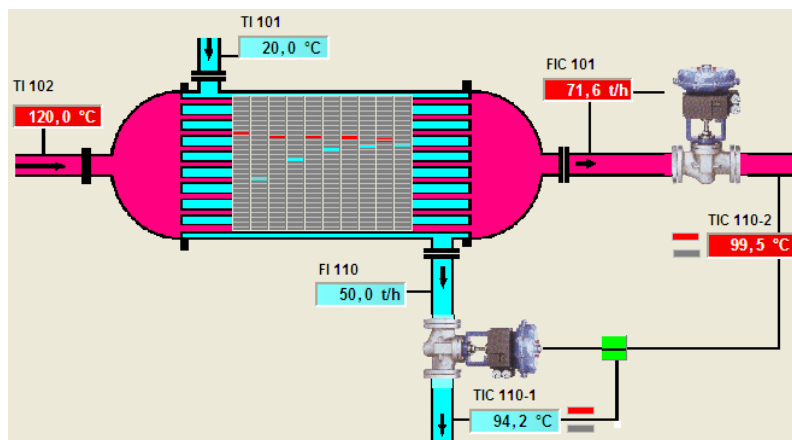


Gleich- und Gegenstromwärmetauscher

eine verfahrenstechnische Simulation von

© Pe-Soft

10-2010



Simulation Gleich- und Gegenstromwärmetauscher

Beschreibung:

In der Verfahrenstechnik kommen viele unterschiedliche Apparate zum Einsatz welche die Aufgabe des Wärmeaustausches haben. Die vorliegende Simulation befasst sich mit zwei grundlegenden Prinzipien von Wärmetauschern. Es werden ein Gleichstrom und ein Gegenstromwärmetauscher simuliert. Das Projekt gibt zwei voll-dynamische Modelle wieder, bei welchen viele Parameter frei einstellbar sind. Beide Modelle veranschaulichen im Wesentlichen den dynamischen Wärmeübergang auf eine leicht nachvollziehbare Art und Weise. Der/die Lernende wird an Hand von Beispielen verschiedene Versuche durchführen und dabei Erkenntnisse über das Verhalten der beiden Wärmetauscher und die Unterschiede des Wärmeüberganges in Erfahrung bringen. Die Bedienung, Beobachtung und Protokollierung des simulierten Teilprozesses orientiert sich an gängigen Prozessleitsystemen.

Navigation

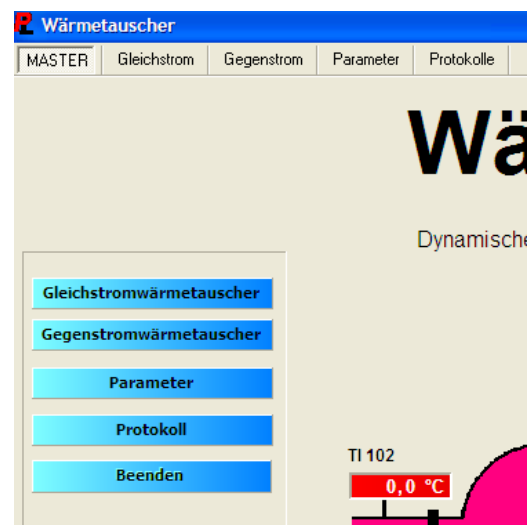
Navigieren Sie in der Simulation indem Sie entweder die Seiten über die Menüleiste oder auf der MASTER-Seite über die entsprechenden Buttons aufrufen.

Auf den Seiten „Gleichstrom“ und „Gegenstrom“ werden die beiden Wärmetauscher bedient und beobachtet.

Auf der Seite „Parameter“ werden Regelparameter, Grenzwerte und Prozessdaten eingestellt.

Auf der Seite „Protokoll“ kann automatisch im Hintergrund zeitabhängig ein Protokoll der Prozessdaten mitgeschrieben werden.

Diese Daten lassen sich anschließend, bei Bedarf, z.B. in Excel weiter verarbeiten.



Parameter

Bevor Sie irgendwelche Aufgaben bearbeiten, müssen zunächst die Stoffdaten und Regelparameter gesetzt werden. Alle Parameter werden beim Verlassen der Simulation gespeichert und beim nächsten Start wieder geladen.

Jeder Wärmetauscher hat zwei Regelkreise welche von der Bezeichnung her identisch sind. Allerdings lassen sich bei jedem Wärmetauscher die Regelparameter und Grenzwerte separat setzen.

Parametrierung der Regler:

Damit ein Regler in den Regelkreis eingreifen kann, muss dieser ständig den Istwert erfassen und ihn mit dem Sollwert vergleichen. Bei einer Abweichung muss das Stellsignal entsprechend verändert werden.

*Kompaktregler ermitteln die **Regelabweichung** ($X - W$).*

*Ist das Resultat $X - W$ positiv, also der Istwert **größer** als der Sollwert, so wird das Ausgangssignal (der Ventilhub) **verkleinert**.*

*Ist das Resultat $X - W$ negativ, also der Istwert **kleiner** als der Sollwert, so wird das Ausgangssignal (der Ventilhub) **vergrößert**.*

*In diesem Fall spricht man von umgekehrter oder **inverser Wirkungsweise**.*

Softwareregler, wie sie heute in modernen Prozessleitsystemen Verwendung finden, ermitteln die **Regeldifferenz ($W - X$)**.

Ist das Resultat $W-X$ positiv, also der Istwert **größer** als der Sollwert, so wird das Ausgangssignal (der Ventilhub) **vergrößert**.

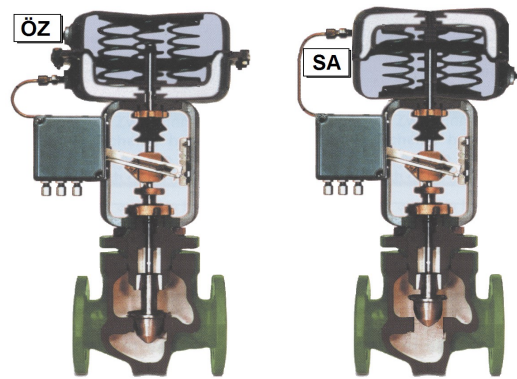
Ist das Resultat $W-X$ negativ, also der Istwert **kleiner** als der Sollwert, so wird das Ausgangssignal (der Ventilhub) **verkleinert**.

In diesem Fall spricht man von **direkter Wirkungsweise**.

Um beim **Kompakt- und Softwareregler** sowohl eine direkte als auch eine inverse Wirkungsweise einzustellen, haben die Kompaktregler einen **Umschalter invers / direkt**. Bei Softwarereglern dreht man die Wirkungsweise um, indem man dem **Proportionalbeiwert (K_p) ein negatives Vorzeichen (minus)** gibt.

Je nach Einsatzgebiet (z.B. Stand-, Durchfluss-, Temperatur- oder Druckregelung), Standort des Stellgliedes (im Ein- oder Ausgang der Regelstrecke) und der geforderten Sicherheitsstellung müssen Regler und Stellglied entsprechend konfiguriert sein.

So lässt sich zum Einen die Wirkungsrichtung des Reglers, durch die Eingabe eines positiven oder negativen K_p umdrehen, zum Andern lässt sich das Regelventil z.B. in ein **ÖZ** (Öffnungsventil = direkte Wirkungsweise, öffnet bei steigendem Eingangssignal und ist **ZU** bei Ausfall der Hilfsenergie) oder ein **SA** (Schließventil = inverse Wirkungsweise, schließt bei steigendem Eingangssignal und ist **AUF** bei Ausfall der Hilfsenergie) einstellen.



Betrachtung der Funktionen vom TIC110-1/2

Der Reglereingang (Istwert) bei TIC110-1/2 kann wahlweise auf den Kühlwasserausgang (TIC110-1) oder den Produktausgang (TIC110-2) geschaltet werden.

Da die Regelstrecke eine Produktkühlung ist, muss das Ventil ein Schließventil (**SA**) sein, damit es beim Ausfall der Hilfsenergie (Sicherheitsstellung) öffnet. D.h. Die Federkraft muss das Ventil aufdrücken. Der Luftanschluss wird auf die obere Kammer geführt.

Ob der Stellort von TIC 110-1/2 vor oder nach dem Wärmetauscher liegt, ist nur dann von Relevanz wenn der Kühlstrom unter Druck gehalten werden muss.

Die Sicherheitsstellung muss **AUF** sein.

Somit sind die Funktionen vorgegeben.

Da die Regler in dieser Simulation als **Kompaktregler** (Regelabweichung $X-W$) konfiguriert sind muss für den Temperaturregler ...

- 1.) ... ein steigendes Eingangssignal (Temperatur) ein fallendes Ausgangssignal (Y) zur Folge haben. Solange die Temperatur (Istwert) **kleiner** als der Sollwert ist, muss das Ventil **schließen**, damit weniger kühlendes Medium durchströmt. Da der Regler selbst bereits eine umgekehrte Wirkungsweise hat, ist **K_p** beim TIC **positiv**.
- 2.) Für das **Regelventil (SA)** bedeutet ein steigendes Y , dass das Ventil schließt. Somit hat das Regelventile, für sich betrachtet ein umgekehrte Wirkungsweise.

Betrachtung der Funktionen vom FIC101

Beim Gleichstromwärmetauscher liegt das Regelventil für den Produktstrom nach dem Wärmetauscher. Auch hier gilt: Den Einbauort für das Regelventil bestimmt die Verfahrenstechnik, ähnlich wie beim Kühlwasserstrom.

Die Sicherheitsbetrachtung ergab bei dieser Simulation, dass bei Ausfall der Hilfsenergie das Regelventil schließen muss.

Somit sind die Funktionen vorgegeben.

Da die Regler in dieser Simulation als **Kompaktregler** (Regelabweichung X-W) konfiguriert sind, muss das Durchflussregelventil ...

- 1.) ... ein Öffnungsventil (**ÖZ**) sein, damit es beim Ausfall der Hilfsenergie schließt.
- 2.) ... ein **steigendes** Eingangssignal (Durchfluss) ein **fallendes** Ausgangssignal (Y) zur Folge haben.
Solange der Durchfluss (Istwert) **kleiner** als der Sollwert ist, muss das Ventil **öffnen**, damit mehr Produkt durchströmt.
Da der Regler selbst bereits eine umgekehrte Wirkungsweise hat, das Regelventil aber eine direkt Wirkungsweise, ist **Kp** beim FIC **positiv**.

Grenzwerte

Sowohl für das **kühlende Medium** als auch für das **zu kühlende Medium** können Grenzwerte (Hoch- und Tiefalarm) gesetzt werden. Die Grenzwertverletzung kann auf die Regelventile geschaltet werden und bringen diese dann in die Sicherheitsstellung indem die Zuluft zum Membranantrieb unterbrochen wird.

Der AL (Tiefalarm) ist mit dem FIC101 verknüpft.

Der AH (Hochalarm) ist mit dem TIC 110-1/2 verknüpft.

Stoffdaten

Die Simulation legt für den Wärmeaustausch die einfache Formel von **$Q = m \times C \times \Delta T$** zugrunde.

Q = Wärmemenge, m = Masse, C = Wärmekapazität des Stoffes.

Um die Wärmeübergänge zu berücksichtigen sind verschiedene Zeitspeicher implementiert.

!

Im weiteren Verlauf werden wir beim „**kalte Medium**“ von Kühlwasser,

!

und beim „**warmen Medium**“ vom Produkt reden.

Beim ersten Start der Simulation sollten beide Wärmekapazitäten den gleichen Wert (z.B. 20 kJ/kg) haben. Die jeweiligen Eingangstemperaturen sollten sich erheblich unterscheiden. Legen Sie zu Beginn folgende Werte für die Eintrittstemperatur fest:

Kaltes Medium	20 °C
Warmes Medium	120°C

Regeparameter

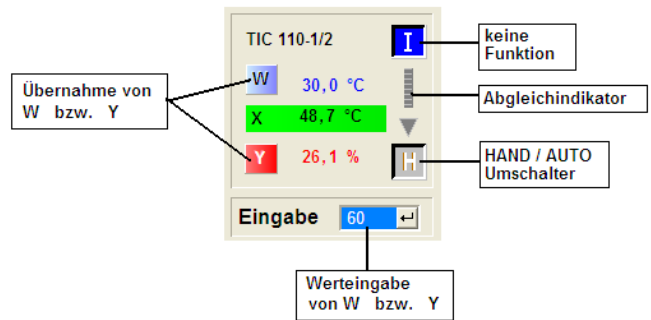
Übernehmen Sie beim ersten Start der Simulation die Regelparameter und Grenzwerte aus der unten stehenden Tabelle.

Schalten Sie die Schalter hinter den Grenzwerten zunächst auf „0“, damit keine Schalteingriffe bei den Regelventilen erfolgen.

Gleichstromwärmetauscher		Gegenstromwärmetauscher		Stoffdaten	
TIC 110-1/2 Kp: 3.3 Tn: 42 Tv: 0		TIC 110-1/2 Kp: 23 Tn: 6 Tv: 2		kaltes Medium C: 80 TI 101: 20 20.0 °C	
TIC 110-1 AH: 60 TIC 110-1 AL: 30 TIC 110-2 AH: 60 TIC 110-2 AL: 30		TIC 110-1 AH: 60 TIC 110-1 AL: 30 TIC 110-2 AH: 60 TIC 110-2 AL: 30		warmes Medium C: 20 TI 102: 120 120.0 °C	
FIC 101 Kp: 0.8 Tn: 5 Tv: 0		FIC 101 Kp: 0.8 Tn: 5 Tv: 0			
ÖZ / SA Umschalter		ÖZ / SA Umschalter			
TC 110-1/2: SA FIC 101: ÖZ		TC 110-1/2: SA FIC 101: ÖZ			
y-max: 95 y-min: 0		y-max: 100 y-min: 5			

Bedienung der Regelkreise

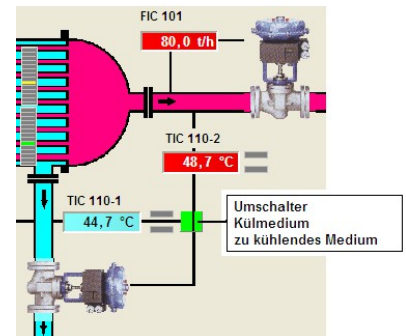
Jeder Wärmetauscher ist mit einem Temperatur- und einem Durchflussregelkreis ausgestattet. Der Temperaturregler lässt sich wahlweise auf die Austrittstemperatur des **kühlenden Mediums** (TIC110-1) oder auf die Austrittstemperatur des **zu kühlenden Mediums** (TIC110-2) schalten.



Um in Stellung HAND das Reglerausgangssignal „Y“, oder die Führungsgröße „W“ zu setzen, geben Sie zuerst den Wert in das Eingabefeld

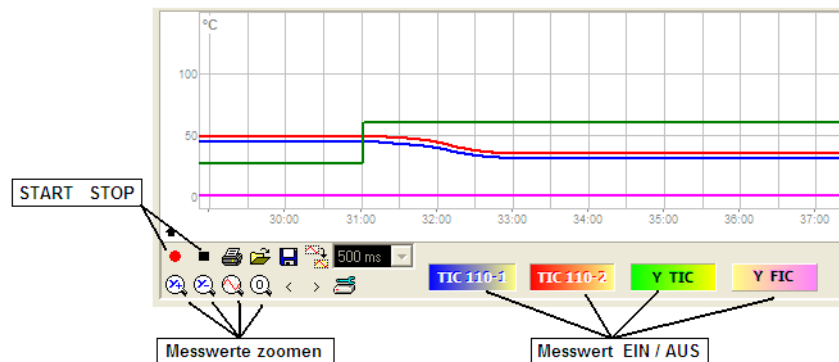
Eingabe 60

ein und übernehmen es anschließend mit den Tasten



Trend

Alle relevanten Messwerte werden ständig im Trend erfasst und angezeigt. Die Anzeige, Skalierung, Farben und die Datenerfassungsrate kann individuell angepasst werden. Beachten Sie aber, dass die Änderung der Farben anschließend nicht mehr zu den Farben der Taster für das Ein/Ausschalten der Messwerte passt.



ACHTUNG Solange die Parametrierung der Trendanzeige geöffnet ist funktioniert die Berechnung der Simulation nicht, womit es zu vollkommen unrealistischen Auswirkungen kommt. Nach dem Schließen des Dialoges warte sie einfach ab, bis sich die Simulation wieder eingependelt hat. Die Trenddaten können in einem Archiv gespeichert und später wieder eingeladen werden.

Protokoll

Auf der Seite „**Protokoll**“ können Sie von den wichtigsten Messwerten ein Protokoll erfassen. Es besteht die Möglichkeit dieses Protokoll per Tastendruck einmalig, oder zyklisch, in frei wählbaren Zeitintervallen zu schreiben.

Schalter für automatisches Protokoll

Zykluszeit für automatisches Protokoll in Sek.

30

Jetzt Protokoll schreiben

Protokoll löschen

Gleichstromwärmetauscher

TI 101 (Ein)	TIC110-1 (Aus)	FI 110	TI 102 (Ein)	TIC 110-2 (Aus)	FI 101	Zeit
20,00	24,36	50,00	120,00	27,48	50,00	21:22:18
20,00	24,36	50,00	120,00	27,48	50,00	21:22:24

Aufgabe 1

Verhalten der Austrittstemperaturen und des Kühlwasserverbrauches bei gleicher Wärmekapazität und festen Durchflussmengen.

Nehmen Sie folgende Einstellungen vor:

Kaltes Medium:
C = 20
T = 20°C
Warmes Medium
C = 20
T = 120°C

Gleichstrom- und Gegenstromwärmetauscher

TIC110-1/2
Betriebsart HAND
Y_{Hand} auf 50% einstellen

FIC101
Betriebsart HAND
Y_{Hand} auf 50% einstellen

Protokoll

Protokoll zuerst löschen
Zykluszeit auf 30 Sekunden festlegen
Button drücken (muss leuchten) um die Prozesswerte alle 30 Sekunden zu protokollieren.

Lassen sie die Simulation so lange laufen bis sich im Trend keine Veränderung der Temperaturen mehr zeigt. Beobachten Sie währenddessen die kleinen gelben und grünen Balken in den Wärmetauschern. Diese geben den Temperaturverlauf von Kühlwasser und Produkt wieder. Erst wenn sich bei den letzten 4 -5 Werten im Protokoll keine Veränderungen mehr zeigen ist der Prozess im Gleichgewicht. Wobei Veränderungen der Temperaturen <0,3°C als konstant betrachtet werden können.

Ergebnis:

Betrachten Sie die Austrittstemperaturen vom Kühlwasser TIC110-1 und vom Produkt TIC110-2

Betrachten Sie den Temperaturverlauf in den Wärmetauschern von Produkt und Kühlwasser

Begründe Sie die Unterschiede.

Gleichstromwärmetauscher						
TI 101 (Ein)	TIC110-1 (Aus)	FI 110	TI 102 (Ein)	TIC 110-2 (Aus)	FI 101	Zeit
20,00	64,93	50,00	120,00	69,48	50,00	15:00:02
20,00	64,93	50,00	120,00	69,48	50,00	15:00:32
20,00	64,93	50,00	120,00	69,48	50,00	15:01:02
20,00	64,93	50,00	120,00	69,48	50,00	15:01:32

Gegenstromwärmetauscher						
TI 101 (Ein)	TIC110-1 (Aus)	FI 110	TI 102 (Ein)	TIC 110-2 (Aus)	FI 101	Zeit
20,00	78,78	50,00	120,00	55,80	50,00	15:00:02
20,00	78,79	50,00	120,00	55,81	50,00	15:00:32
20,00	78,80	50,00	120,00	55,81	50,00	15:01:02
20,00	78,80	50,00	120,00	55,82	50,00	15:01:32

Aufgabe 2

Verhalten der Austrittstemperaturen und des Kühlwasserverbrauches bei aktiver Produkttemperaturregelung

Nehmen Sie folgende Einstellungen vor:

Kaltes Medium:
C = 20
T = 20°C
Warmes Medium
C = 20
T = 120°C

Gleichstrom- und Gegenstromwärmetauscher

TIC110-1/2
Auf TIC110-2 schalten (Produkt)
Sollwert 60°C
Betriebsart AUTO

FIC101
50 t/h Durchfluss
Betriebsart HAND oder AUTO

Protokoll

Protokoll zuerst löschen
Zykluszeit auf 30 Sekunden festlegen
Button drücken (muss leuchten) um die Prozesswerte alle 30 Sekunden zu protokollieren.

Lassen sie die Simulation so lange laufen bis sich im Trend keine Veränderung der Temperaturen mehr zeigt. Beobachten Sie währenddessen die kleinen gelben und grünen Balken in den Wärmetauschern. Diese geben den Temperaturverlauf von Kühlwasser und Produkt wieder.

Erst wenn sich bei den letzten 4 -5 Werten im Protokoll keine Veränderungen mehr zeigen ist der Prozess im Gleichgewicht. Wobei Veränderungen der Temperaturen $<0,3^{\circ}\text{C}$ als konstant betrachtet werden können.

Ergebnis:

Betrachten Sie die Austrittstemperaturen vom Kühlwasser TIC110-1 und vom Produkt TIC110-2 und zusätzlich den Wasserverbrauch FI110 im Vergleich zur Aufgabe 1.

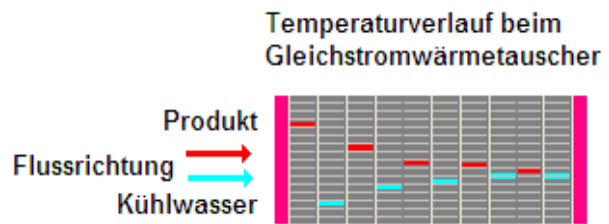
Betrachten Sie das Ergebnis auch vor dem Hintergrund des Umweltschutzes (Wasserverbrauch und Wassererwärmung)

Gleichstromwärmetauscher						
TI 101 (Ein)	TIC110-1 (Aus)	FI 110	TI 102 (Ein)	TIC 110-2 (Aus)	FI 101	Zeit
20,00	55,64	37,29	120,00	59,99	50,00	17:13:40
20,00	55,67	37,32	120,00	60,01	50,00	17:14:11
20,00	55,67	37,34	120,00	60,02	50,00	17:14:41

Gegenstromwärmetauscher						
TI 101 (Ein)	TIC110-1 (Aus)	FI 110	TI 102 (Ein)	TIC 110-2 (Aus)	FI 101	Zeit
20,00	82,79	21,84	120,00	60,00	50,00	17:13:40
20,00	82,79	21,84	120,00	60,00	50,00	17:14:10
20,00	82,79	21,84	120,00	60,00	50,00	17:14:41

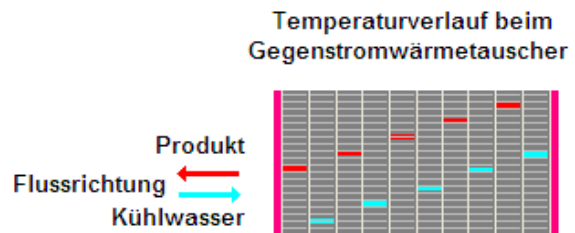
Gleichstromwärmetauscher

- Beide Medien fließen in die gleiche Richtung.
- Die Temperaturdifferenz zwischen Produkt und Kühlwasser wird immer geringer.
- Beide Temperaturen nähern sich einander an.
- Die treibende Kraft (Temperaturdifferenz) wird immer geringer.
- Die Produktaustrittstemperatur kann die Kühlwasseraustrittstemperatur nicht unterschreiten.
- Genauso kann die Kühlwasseraustrittstemperatur die Produktaustrittstemperatur nicht überschreiten

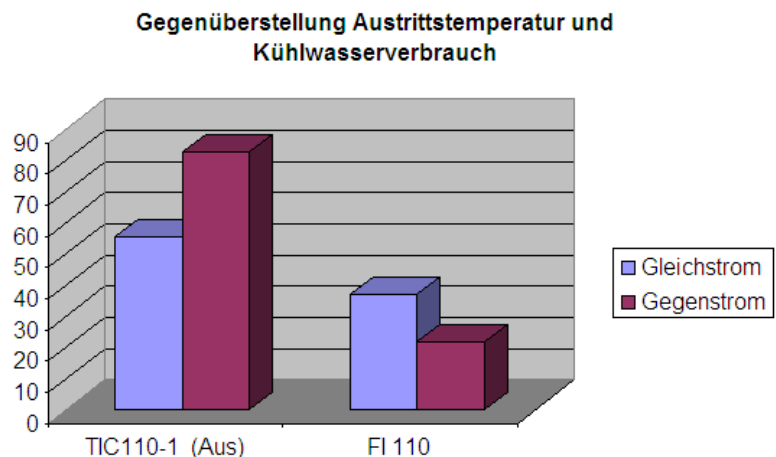


Gegenstromwärmetauscher

- Die Medien fließen in entgegengesetzter Richtung
- Die Temperaturdifferenz ist weitestgehend gleich groß
- Die treibende Kraft (Temperaturdifferenz) ist über den gesamten Wärmetauscher immer gleich groß.
- Die Produktaustrittstemperatur kann die Kühlwasseraustrittstemperatur unterschreiten.
- Genauso kann die Kühlwasseraustrittstemperatur die Produktaustrittstemperatur überschreiten



Es ist zu erkennen, dass bei gleicher Produktaustrittstemperatur die Wärmetauscher, je nach Bauart unterschiedlich viel Kühlwasser brauchen und sich dabei die Kühlwasseraustrittstemperatur umgekehrt zum Wasserverbrauch verhält.



Aufgabe 3

Verhalten der Temperaturen bei abgestelltem Produkt und Kühlwasser

Nehmen Sie folgende Einstellungen vor:

Kaltes Medium:

$C = 20$

$T = 20^{\circ}\text{C}$

Warmes Medium

$C = 20$

$T = 120^{\circ}\text{C}$

Gleichstrom- und Gegenstromwärmetauscher

TIC110-1/2

Betriebsart HAND

Y_{hand} auf 100% einstellen (schließt das Regelventil)

FIC101

Betriebsart HAND

Y_{hand} auf 0% einstellen (schließt das Regelventil)

Protokoll erzeugen, wie in den vorangegangenen Aufgaben

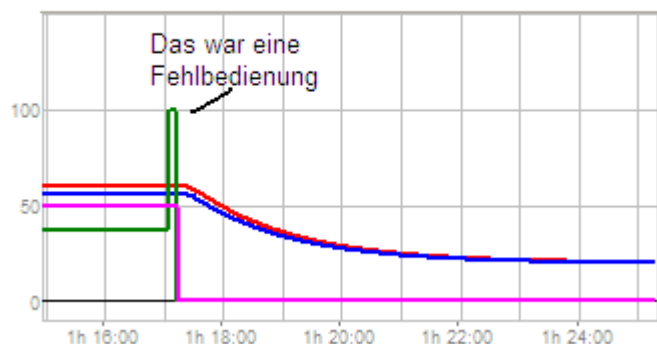
Die Simulation ins Gleichgewicht laufen lassen

Ergebnis:

- Beide Wärmetauscher verhalten sich annähernd gleich.
- Da kein Medium mehr durchfließt kühlen beide langsam ab und werden irgendwann die Umgebungstemperatur erreichen.
- Da Wärmetauscher isoliert sind wird dieser Vorgang in der Realität natürlich wesentlich länger dauern.

- Was war wohl die Fehlbedienung ?

Temperaturverlauf



Aufgabe 4

Verhalten der Temperaturen wenn nur ein Medium in Betrieb ist

Nehmen Sie folgende Einstellungen vor:

Kaltes Medium:

Warmes Medium

C = 40
T = 20°C

C = 20
T = 120°C

Gleichstrom- und Gegenstromwärmetauscher

Einstellen eines definierten Ausgangszustandes

Öffnen Sie zunächst beide Regelventile indem Sie TIC110-1/2 in HAND und Y_{hand} auf 0% einstellen und TIC101 in HAND und Y_{hand} auf 100% einstellen. Warten Sie bis sich die Austrittstemperaturen stabilisiert haben.
Wir machen dies, damit wir einen definierten Ausgangszustand haben um zu sehen wie sich der Prozess verändert.

Versuchsdurchführung:

TIC110-1/2

Betriebsart HAND

Y_{hand} auf 100% einstellen (schließt das Regelventil)

FIC101

Betriebsart HAND

Y_{hand} auf 50% einstellen

Es ist jetzt nur das wärmere Medium in Betrieb.

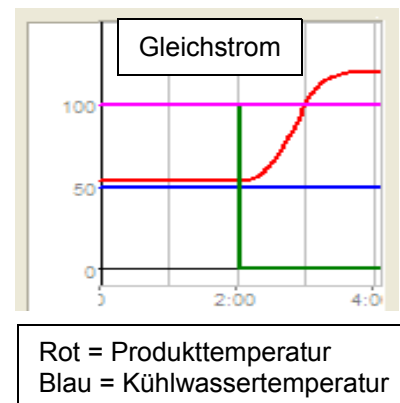
Protokoll erzeugen, wie in den vorangegangenen Aufgaben

Die Simulation ins Gleichgewicht laufen lassen.

Beobachten Sie den Verlauf der Temperaturen, vor allem innerhalb der Wärmetauscher.

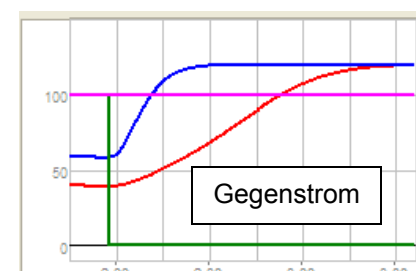
Ergebnis

- Da kein Kühlwasser fließt, nimmt das Kühlwasser, welches in den Wärmetauschern steht die Temperatur des Produktes an.
- Weil beim **Gleichstromwärmetauscher** beide Medien in die gleiche Richtung fließen, wird sich die Temperaturänderung bei beiden Medien ziemlich zum gleichen Zeitpunkt bemerkbar machen, nämlich dann wenn das Produkt den Ausgang erreicht hat.
Allerdings sieht man am Trend keine Temperaturänderung beim Kühlwasser.
Begründung: Der Temperaturfühler sitzt nach dem Regelventil und da kein Durchfluss vorhanden ist, kann dieser keine Temperaturänderung messen.



- Anders sieht es beim **Gegenstromwärmetauscher** aus.

Hier wurden die Temperaturmessstellen direkt an den Ausgang gelegt und zwar so, dass die Wärmeübertragung in der Flüssigkeit ausreicht um auch in abgestelltem Zustand eine Temperatur im Wärmetauscher zu erhalten. Temperaturänderungen machen sich auch im abgestellten Medium schnell bemerkbar.



Aufgabe 5

Verhalten des Temperaturprofils in den Wärmetauschern

Stellen Sie zunächst den Versuch aus Aufgabe Nr.4 ein und warten das Gleichgewicht ab.
Nehmen Sie dann das Kühlwasser wieder in Betrieb.

z.B. mit TIC110-1/2

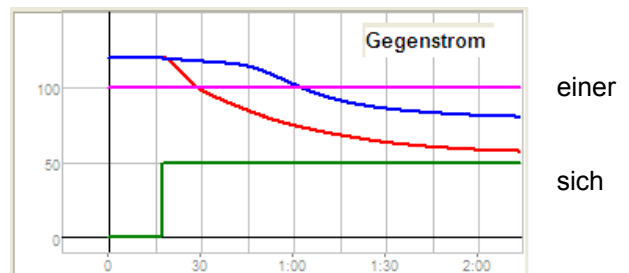
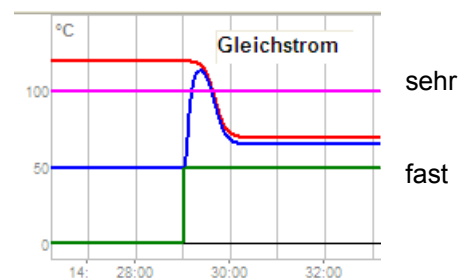
Betriebsart HAND

Y_{hand} auf 50%

Machen Sie die Änderung zunächst an einem Wärmetauscher und beobachten Sie genau das Temperaturprofil und den Trend.

Ergebnis

- Beim **Gleichstromwärmetauscher** lässt sich gut beobachten wie sich die Kühlwasseraustrittstemperatur schnell ändert nachdem das Kühlwasser wieder in Betrieb genommen wird.
- Beide Temperaturen, Kühlwasser und Produkt ändern sich zeitgleich.
- Weiterhin ist deutlich zu sehen wie sich der Wärmeübergang langsam durch den gesamten Wärmetauscher „schiebt“.
- Beim **Gegenstromwärmetauscher** lässt sich beobachten, dass sich zuerst die Produktaustrittstemperatur (rot) und dann, mit zeitlichen Verzögerung, die Kühlwasseraustrittstemperatur (blau) ändert.
- Weiterhin ist auch hier deutlich zu sehen wie der Wärmeübergang langsam durch den gesamten Wärmetauscher „schiebt“.



Aufgabe 6

Einfluss der Wärmekapazität auf Austrittstemperaturen und Kühlwasserverbrauch

Nehmen Sie folgende Einstellungen vor: Kaltes Medium: Warmes Medium

C = 20
T = 20°C

C = 20
T = 120°C

Gleichstrom- und Gegenstromwärmetauscher

Versuchsdurchführung:

TIC110-1/2
 Betriebsart HAND
 Y_{hand} auf 50% einstellen (schließt das Regelventil)
FIC101
 Betriebsart HAND
 Y_{hand} auf 50% einstellen

Protokoll erzeugen, wie in den vorangegangenen Aufgaben
Die Simulation ins Gleichgewicht laufen lassen.

Löschen Sie das Protokoll und erzeugen Sie dann genau einen Datensatz.
Kopieren Sie jeweils den Datensatz von Gleich- und Gegenstromwärmetauscher über die Zwischenablage nach EXCEL, indem Sie das Protokoll mit der rechten Maustaste anklicken.
In Excel wollen wir die beiden Versuche in einer Tabelle gegenüberstellen.

- Ändern Sie nun die Wärmekapazität beim Kühlwasser auf C = 80 kJ/kg, und warten Sie bis der Prozess wieder im Gleichgewicht ist.

Löschen Sie das Protokoll und erzeugen Sie dann genau einen Datensatz.
Kopieren Sie jeweils den Datensatz von Gleich- und Gegenstromwärmetauscher über die Zwischenablage nach EXCEL.

- Bereiten Sie die Tabelle entsprechend nach dem unten gezeigten Beispiel auf.

Ergebnis

Durch Erhöhen der Wärmekapazität beim Kühlwasser ist es gelungen die Austrittstemperaturen abzusenken.

Begründen Sie dies !

Welchen Einfluss hat dies auf den erforderlichen Kühlwasserverbrauch ?

	A	B	C	D	E	F	G
1		Kühlwasser C=20		Produkt C = 20			
2							
3		TI 101 (Ein)	TIC110-1 (Aus)	FI 110	TI 102 (Ein)	TIC 110-2 (Aus)	FI 101
4	Gleichstrom	20	64,93	50	120	69,48	50
5	Gegenstrom	20	78,62	50	120	55,63	50
6							
7							
8		Kühlwasser C=80		Produkt C = 20			
9							
10		TI 101 (Ein)	TIC110-1 (Aus)	FI 110	TI 102 (Ein)	TIC 110-2 (Aus)	FI 101
11	Gleichstrom	20	36,95	50	120	40,88	50
12	Gegenstrom	20	40,25	50	120	29,51	50

Probieren Sie dies aus, indem Sie die Regelung auf TIC110-2 schalten und im Automatikbetrieb die Temperatur auf 60°C fahren.

Aufgabe 7

Regelungstechnische Aufgaben

Die Regelstrecke von TIC110-1/2 soll sich im Automatikbetrieb selbständig in Betrieb nehmen. Normalerweise wird die Regelgröße zunächst in Stellung HAND auf den gewünschten Sollwert hochgefahren und dann, nach einem Soll-Istwertabgleich wird er Regler in Automatik umgeschaltet.

Manche Regelstrecken erlauben oder erfordern es sogar, dass sich diese im Automatikbetrieb selbst anfahren, indem einfach von Anfang an der Sollwert auf den gewünschten Wert eingestellt wird und der Regler in Automatik steht.

1. Probieren Sie dies beim **Gleichstromwärmetauschern** einfach aus.
2. Stellen Sie dazu auf der Seite **Parameter** folgende Ventilbegrenzungen ein:
FIC101 y_{min} = 5, y_{max} = 100
TIC110-1/2 y_{min} = 0, y_{max} = 95
3. Stellen Sie am FIC101 (Produkt) einen Durchfluss von 50 t/h ein und nehmen Sie den Regler in Automatik.
4. Schalten Sie TIC110-1/2 auf TIC110-1 (Kühlwasseraustritt)
Stellen Sie einen Sollwert von 60°C ein und nehmen Sie den Regler in Automatik.
5. **Beobachten Sie was passiert.**
6. Einstellen einer „**großen Störung**“
Schließen Sie das FIC101 (Produkt) und beobachten Sie die Regelung von TIC110-1.
Warten Sie ab bis das Ausgangssignal Y von TIC110-1 auf 100% ist. (Dann ist das Ventil bis zur eingestellten Begrenzung zu. Wir haben immer noch einen Mindestdurchfluss !)
7. Öffnen Sie das FIC101 wieder auf 50 t/h.
8. *Sofern Sie den Versuch auch am Gegenstromwärmetauscher machen wollen, gehen Sie in der gleichen Reihenfolge vor.*
9. **Beobachten Sie was passiert.**

*Die Regelung von TIC110 sollte jedesmal die Störung mehr oder weniger gut ausregeln.
Wenn sich die Regelstrecke aufschwingt, können Sie Änderungen an den Regelparametern **K_p**, **T_n** und **T_v** vornehmen.*
10. Stellen Sie nun auf der Seite **Parameter** folgende Ventilbegrenzungen ein:
FIC101 y_{min} = 0, y_{max} = 100 (kein Mindestdurchfluss !)
TIC110-1/2 y_{min} = 0, y_{max} = 100 (kein Mindestdurchfluss !)
11. Wiederholen Sie nun den Versuch von Punkt 3 bis Punkt 9 und beobachten Sie was passiert.

*Wenn das Ausgangssignal von TIC110-1 einmal bei 100% war geht die Regelstrecke nicht mehr von selbst in Betrieb.
WARUM ist das so ? Begründen Sie.*
12. Das Gleiche kann man auch mit TIC110-2 (Produkttemperatur) machen.
Die Auswirkungen sind allerdings etwas anders.
Probieren Sie es aus!

Weitere Regelungstechnische Aufgabe.

Folgende Aufgabe können noch gemacht werden:

1. Testen Sie die Regelbarkeit der Temperatur, indem Sie bei beiden Wärmetauschern die gleichen Regelparameter einstellen und dann Störgrößen einfügen indem Sie den Sollwert stark verändern.
2. Optimieren Sie die Regelungen durch anpassen der Regelparameter K_p , T_n und T_v .

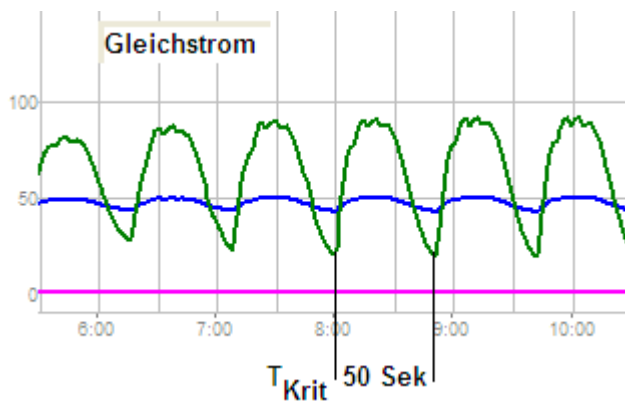
Optimierung nach Ziegler Nichols.

Der Regelkreis wird mit Hilfe eines proportionalen Reglers geschlossen und die Reglerverstärkung solange erhöht, bis der Ausgang des Regelkreises bei konstantem Eingang eine Dauerschwingung mit der Periode T_{krit} bei der Reglerverstärkung $K_{p_{krit}}$ ausführt.

Die Einstellregeln für die Verstärkung K_p , die Nachstellzeit T_n und die Vorhaltezeit T_v lauten für beide Verfahren wie in folgender Tabelle angegeben.

	K_p	X_p	T_n	T_v
P-Regler	$0,5 \times K_{p_{krit}}$	$2,00 \times X_{p_{krit}}$		
PI-Regler	$0,45 \times K_{p_{krit}}$	$2,20 \times X_{p_{krit}}$	$0,85 \times T_{krit}$	
PD-Regler	$0,8 \times K_{p_{krit}}$	$1,25 \times X_{p_{krit}}$		$0,12 \times T_{krit}$
PID-Regler	$0,6 \times K_{p_{krit}}$	$1,70 \times X_{p_{krit}}$	$0,50 \times T_{krit}$	$0,12 \times T_{krit}$

Beim **Gleichstromwärmetauscher** geriet die Regelstrecke bei $K_p = 7,5$ ins Schwingen



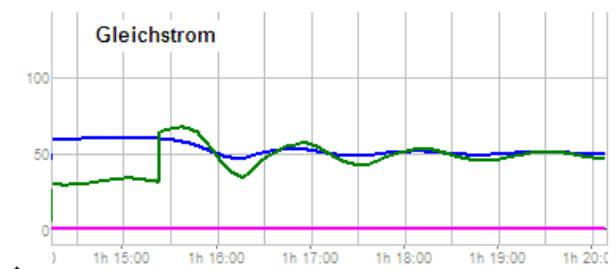
Dies ergibt nach der obigen Tabelle folgende Einstellungen:

$$\begin{aligned} K_p &= 0,6 \times 7,5 = 4,5 \\ T_n &= 0,5 \times 50 = 25 \text{ s} \\ T_v &= 0,12 \times 50 = 6 \text{ s} \end{aligned}$$

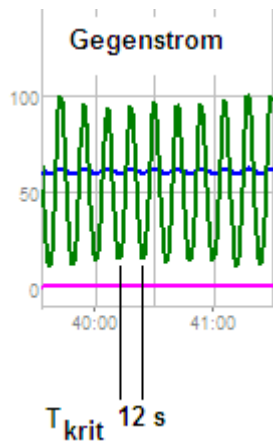
oder

$$\begin{aligned} K_p &= 0,45 \times 7,5 = 3,3 \\ T_n &= 0,85 \times 50 = 42,5 \text{ s} \end{aligned}$$

Regelverhalten mit den oben ermittelten Werten für einen PI-Regler



Beim **Gegenstromwärmetauscher** geriet die Regelstrecke bei $K_p = 38$ ins Schwingen.



Dies ergibt nach der obigen Tabelle folgende Einstellungen:

$$K_p \quad 0,6 \times 38 = 23$$

$$T_n \quad 0,5 \times 12 = 6 \text{ s}$$

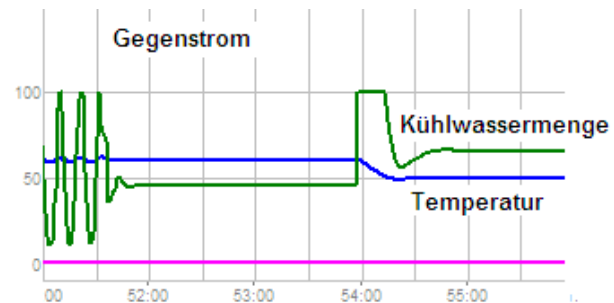
$$T_v \quad 0,12 \times 12 = 2 \text{ s}$$

Oder

$$K_p \quad 0,45 \times 38 = 17$$

$$T_n \quad 0,85 \times 12 = 10 \text{ s}$$

Regelverhalten mit den oben ermittelten Werten für einen PID-Regler



3. Ändern Sie die **Wirkungsweise** der Regelventile von SA nach ÖZ oder umgekehrt.

Bevor Sie die Umstellung vornehmen, betrachten Sie zuerst die neue Funktion und beschreiben sie wie sich die Regelung bei einer Änderung der Regelgröße verhalten muss.

! Die Umstellung hat auch Einfluss auf die Begrenzung des Ausgangssignales.

Stellen Sie erst nach dieser Analyse die Wirkungsweise der Ventile und die evtl. die Parameter der Regler um

Beobachten Sie was passiert.

4. Aktivieren Sie die **Schaltungen** hinter den Grenzwerten.

Stellen Sie die Grenzwerte so ein, dass eine Schaltung erfolgt.

Beginnen Sie zunächst mit einer Schaltung, die entweder mit dem TIC110-1/2 oder dem FIC101 verknüpft ist.

Probieren Sie verschiedene Varianten aus.

Beobachten Sie wie sich die Regelstrecken verhalten.

Begründen Sie was Sie beobachten.