

ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН
УНИВЕРСИТЕТ - СОФИЯ

Факултет по химично и системно инженерство

ВИСШ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

КАТЕДРА "Автоматизация на производството"

З А Д А Н И Е

за курсов проект по дисциплината:

Проектиране на системи за управление

СТУДЕНТ:

Да се проектира система за автоматизация на:
дестилация на ДМТ

.....

ЕТАПИ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ:

1. Изготвяне на техническо задание за проектиране на система за автоматизация, включващо:
 - предназначение на СА,
 - цел на СА
 - функции на СА
 - технически характеристики на СА
 - спецификация на технологическите параметри.
2. Оформяне на принципни схеми за автоматизация.
3. Избор на алгоритми за управление.
4. Изследване на статичната и динамична точност на САР.
5. Избор на технически средства за контрол - чувствителни елементи и нормиращи преобразуватели.
6. Избор на регулиращи органи и изпълнителни механизми.
7. Изготвяне на таблица за входно-изходните сигнали и сумарна таблица на позициите. Конфигуриране на хардуера на системата за автоматизация.
8. Пресмятане на показателите за надеждност на САР.
9. Изготвяне на текстова записка и графични документи на проекта.

ЕТАПИ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ:

1. Изготвяне на техническо задание за проектиране на система за автоматизация, което включва: обща част (описание на обекта на автоматизация от гледна точка на управлението му); задачи и функции (информационни, управляващи, за сигнализация) на системата за автоматизация; списък на параметрите по позиции.
2. Избор на алгоритми за управление.
3. Изследване на статичната и динамична точност на САР.
4. Избор на технически средства за контрол – чувствителни елементи и нормиращи преобразуватели.
5. Избор на регулиращи органи и изпълнителни механизми.
6. Изготвяне на таблица за входно – изходните сигнали и сумарна таблица на позициите.
7. Пресмятане на показателите за надежност на САР.

I. Техничко – икономическо задание на система за автоматизация на дестилация на ДМТ.

1. ДМТ - дестилация:

ДМТ – прекристализата съдържа още минимални количества примеси – киселина и кипящи при по-висока температура съединения, които влияят главно оцветителната им способност на ДМТ. Поради това е необходимо повторна дестилация. За тази цел ДМТ - прекристализата се захранва непрекъснато от резервоар 5511 чрез помпата Р-312 в дестилационната колона за ДМТ С-601. Колоната се подгрява с циркулационния изпарител Е-602, който се пълни с около 285°С горещо циркулационно масло. ДМТ – дестилацията работи при вакуум от около 50-60 тора, посредством паростуен смучач К-614. При това ДМТ дестилира при температура от около 187°С и кондензира в кондензатора за вторична пара Е-604. Кондензатора за ДМТ – дестилата се поддържа от регулатор на температура от около 140-150°С чрез изпаряваща се под налягане вода (парен кондензат). При това налягането трябва да се нагласи на регулатора на около 3 атмосфери. Отработената пара се предава в 2.5- атмосферната мрежа.

Дестилата тече през приемника за потапяне V-605. От там произведеният ДМТ се изпомпва посредством помпата Р-610 и чрез регулатор на нивото се изпраща в складовите резервоари за пречистен ДМТ 5617. От тук продукта се предава на инсталацията за влакна с помощта на помпата 5608. Другата част на дестилата се връща в колоната като обратен поток.

При експлоатационни неизправности ДМТ може да бъде върнат с цел за повторно почистване към резервоара 5330 за суров ДМТ или към резервоара 5511 за прекристализат.

От куба на колоната се отнема едно малко количество продукт, който освен ДМТ съдържа още нищожни количества киселини и други кипящи при по-висока температура продукти. Този означен като “остатък” 2 кубов остатък се довежда през потопяването V-611 в резервоара за остатък 2. От тук остатъка се предава обратно към резервоара 5208 за суров естер с цел по-нататъшно

преработване. Отоплението на колоната може да бъде регулирано чрез нивото в куба. За да се избегнат загуби от сублимат, зад ДМТ – кондензатора е включен сублиматния уловител V-613.

Изпомпван от помпата P-320, pT-естера се охлажда. За отстраняване на частта от pT-естера в потока инертен газ преди пароструйния агрегат K-614 е предвиден газоохладителя E-619. Кондензата попада в резервоара V-326 също през потапянето V-625.

Описание на най-важните системи за регулиране, командна апаратура и блокировки:

ДМТ – прекристализата се захранва непрекъснато през системата за автоматична стабилизация FRC към дестилационната колона за ДМТ C-601. Вакуума във върхната част на дестилационната колона се нагласява на желаната стойност на един PRC-регулатор и се поддържа от регулаторен вентил в тръбопровода за всмукване на пресен въздух.

Скоростта на изпаряване се регулира посредством LRC-регулатор и принадлежащия му регулаторен вентил в тръбопровода за топлоносителя на циркулационния изпарител E-602. В ДМТ – кондензатора E-604 се кондензират вторичните пари от ДМТ дестилационната колона чрез кипящ кондензат, чиято желана температура на кипене се поддържа от PRC-регулируем участък. Обратният поток към главата на колоната C-601 се управлява от система с автоматична стабилизация PRC.

Смущения:

- Излизане от строя на нагревателната инсталация за висока температура.

Противомерки: Да се затвори захранването с ДМТ и изпускането на куба на колоната. ДМТ – колоната продължава да работи на пълен обратен поток.

При по-продължително спиране, инсталацията се спира по инструкцията.

- Вакуума не може да се задържа.

Противомерки: Важи същото както при дестилацията на суров естер.

- Спиране на pT-естера към сублиматния уловител.

Противомерки: Ако смущението не може да бъде веднага отстранено, трябва да се затвори вентила между дестилационната колона и сублиматния уловител.

Да се проконтролират отопленията на pT-естер тръбопроводите, да се проконтролира охлаждащата вода на охладителя E-624, евентуално охладителя да работи няколко минути до нагряване, но трябва да се затвори сублиматния уловител по посока на инжектора. Ако е сигурно, че тръбопроводите за pT-естер, охладителя и налягането на помпата са в безупречно състояние то трябва да се провери дюзата в сублиматния уловител.

Производствени условия:

ДМТ-прекрисализат към колоната C-601	1,3-1,5 т/ч
Остатък 2 около	0,5 т/ч
ДМТ към инсталацията за влакна	1-1,5т/ч
Гарантирана стойност на съотношението обратен поток колона C-601	1:1,5

рТ-естер към сублимат уловителя	
V-613 около	1т/ч
Налягане на ДМТ - дестилата в	
главата на колоната на С-601	50-60 тора
Налягане в отделителя V-613	2,8 - 3,2 атм.
Температура в главата на колоната С-601	187 – 190°C
Температура на куба на колоната С-601	210 – 225°C
Температура рТ-естер преди промиването	
V-613	60 – 80°C

2. Цел на системата:

Да се оптимизират процесите на разделяне посредством непрекъснато измерване и регулиране на температурите, наляганията, дебитите и нивата в инсталацията. Да се следи за състоянието на инсталацията чрез непрекъснато измерване на параметрите в контролните точки, да се сигнализира при отклонения от зададените стойности, както и да се визуализират и архивират протичащите процеси.

3. Функции на системата:

Контур TR 56206 – Регистрация на температура върху 18-та тарелка.
Контур TR 56205 – Регистрация на температура.
Контур TR 56204 – Регистрация на температурата в куба на колоната.
Контур TR 56203 – Регистрация на температурата върху 5-та тарелка.
Контур TR 56202 – Регистрация на температурата в главата на колоната.
Контур TI 56216 – Индикация за температура в кондензатора.
Контур TI 56213 – Индикация на температурата на обратния поток.
Контур TI 56205 – Индикация на температура.
Контур TI 56204 – Индикация на температурата в куба на колоната.
Контур TI 56203 – Индикация на температурата върху 5-та тарелка.
Контур TI 56202 – Индикация на температура в главата на колоната.
Контур THI 56232 – Индикация на място на температурата в куба на колоната.
Контур THI 56231 – Индикация на място на температурата в главата на колоната.
Контур PRC 56002- Регулатор на налягане в главата на колоната 5601.
Контур PRC 56001 – Регулатор за налягане на охлаждащия метанол.
Контур PR 56012 – Регулиране на налягането.
Контур PI 56011 – Индикация на налягане в главата на колоната.
Контур PI 56010 – Индикация на налягане.
Контур LRC 56520 – Регулатор на ниво в куба на колоната, нивото се регулира тъй като ДМТ кристализира.
Контур FRC 56401 – Регистрация и регулиране в съотношение с дебита на дестилата.
Контур 5617 – Складов резервоар за пречистен ДМТ.
Контур 5604 – Кондензатор за вторична пара на колона 5601, охлаждащия агент е метанол.
Контур 5602- Подгревател на колоната.
Контур 5601 – Дестилационна колона за чисто ДМТ.

4. Технически характеристики на системата:

4.1. Измервателни преобразуватели и индикатори за температура:
- допустима грешка на измерване – не по – голяма от 1°C

- температурен диапазон – в зависимост от диапазона на термосъпротивлението

4.2. Измервателни преобразуватели и индикатори за налягане:

- допустима грешка на измерване – не по – голяма от 0,1 atm

- обхват на измерване – в зависимост от диапазона на чувствителния елемент

4.3. Измервателни преобразуватели и индикатори за ниво:

- допустима грешка на измерване – не по – голяма от 1 %

- обхват на измерване – 0 до 100 %

4.4. Индикатори за положение на ИМ:

- обхват на измерване – 0 до 100 %

- допустима грешка на измерване – не по – голяма от 1 %

4.5. Станции за ръчно управление:

- входен сигнал 4 до 20 mA

- изходен сигнал 4 до 20 mA

5. Спецификация на технологическите параметри.

Изготвяне на таблица за входно – изходните сигнали и сумарна таблица на позициите.

Определяне на характеристиките и функциите на системата за автоматизация.

Основен документ на проекта е таблица, в която входно-изходните сигнали и функциите се подреждат по определен признак и се нарича **сумарна таблица на позициите**.

Количествени характеристики на входно-изходните сигнали

Технологичен параметър	Брой	Тип на сигнала				
		3	4	5	6	7
		Входен	Входен	Входен	Изходен	Изходен
		Аналогов ниско ниво	Аналогов високо ниво	Цифров	Аналогов	Цифров
Температура	31	31				
Дебит	3	3		8	4	4
Налягане	10	10		4	3	3
Ниво	10	10		4	2	2

Анализ - концентраци я						
Други техно- логични в-ни						
Общо	54	23		16	9	9

Таблица No 1 - продължение

Функции						
8	9	10	11	12	13	14
Показван е- индикаци я със сигнализ а-ция	Показван е- индикаци я със сигнализ а-ция	Запис на историята на технологи ч-ния параметъ р	Регулиран е със сигнализац ия	Регулира не с каскадни схеми	Аналого ва регистр ация	Допълн и-телни
По действи- телна стойност	По отклонен ие	----	----	----	По DHW _____ _____ С локален уред	

Технологични параметри по позиции на система за автоматизация на дестилация на ДМТ.

Поз иция №	Наимено вание на параметъ ра	Изм ерв. еди ниц и	Обхват		Номи нална стойн ост	Сигнали зация		Тип на сиг нал а
			M i n	M a x		Mi n	M a x	
1	2	3	4		5	6		7
56010	PI	torr	0	75	55	- 10 %	+ 10 %	AI

56001	PRC	torr	0	75	55	- 10 %	+ 10 %	AO, AI
56002	PRC	torr	0	75	55	- 10 %	+ 10 %	AO, AI
56011	PI	torr	0	75	55	- 10 %	+ 10 %	AI
56231	ThI	°C	20	255	190	- 10 %	+ 10 %	AI
56202	TI	°C	20	255	190	- 10 %	+ 10 %	AI
56202	TR	°C	20	255	190	- 10 %	+ 10 %	AI
56216	TI	°C	20	250	187	- 10 %	+ 10 %	AI
56206	TR	°C				- 10 %	+ 10 %	AI
56401	FRC	Kr/ч	0	2520	1890	- 10 %	+ 10 %	AO, AI
56213	TI	°C				- 10 %	+ 10 %	AI
56203	TI	°C	20	300	220	- 10 %	+ 10 %	AI
56203	TR	°C	20	300	220	- 10 %	+ 10 %	AI
56012	PR	Atm	0	4	3	- 10 %	+ 10 %	AI
56204	TR	°C				- 10 %	+ 10 %	AI
56204	TI	°C	20	380	285	- 10 %	+ 10 %	AI
56520	LRC	m				- 10 %	+ 10 %	AO, AI
56232	THI	°C	20	320	235	- 10 %	+ 10 %	AI

56205	TI	°C				- 10 %	+ 10 %	AI
-------	----	----	--	--	--	--------------	--------------	----

Изготвяне на таблицата за входно-изходните сигнали и сумарна таблица на позициите.

№	Характеристики и функции	Данни
1	Позиция	PRC 56002
2	Наименование на параметъра	Налягане на входяща смес
	Характеристики на входния сигнал	
3	Тип на датчика или преобразувателя	3272/B C S AM (13,33.10 ⁻⁴) 1 JB2
4	Вид на сигнала	4...20mA
5	Обхват на измерване	0 – 100
6	Измервателни единици	°C
7	Взривобезопасно изпълнение	He
	Функции на системата	
8	Цифрова филтрация	T _D = 0
9	Допълнителна функция	Линеаризация Pt100
10	Тип на сигнализация	По отклонение
11	Граници на сигнализация	-10% - +10%
12	Аналогов входен модул	
13	Цифров входен модул	
14	История на режимния параметър	
15	Закон на регулиране (режим на работа)	PID; Автоматичен K=6.52 T1= 57,4 T2= 0
16	Зададена стойност	
18	Действие на изходния сигнал	Обратно
19	Индикация на входния сигнал	Права
20	Начин на резервиране	Станция за ръчно управление
21	Аналогов изходен модул	
22	Цифров изходен модул	Звукова и светлинна сигнализация
	Аналогова регистрация	
23	Място на монтаж	Върху конзола на операторската станция
24	Функция	Резервиране
25	Тип на регистрация	Върху многоточков пишещ уред
26	Принципна схема №	
27	Забележка	

СПЕЦИФИКАЦИЯ	Лист № 1
Страна доставчик:	Шифър:
Завод производител/Фирма доставчик:	Фаза: ТИД
Обект:	Контур № 2
Подобект:	Позиция: PRC 56002

1.	Измерване, регистрация и регулиране на температурата на постъпващия филтрат I в колона		
2.	5804 (C – 804)		
3.	Характеристики на измерваната среда:		
4.	Наименование: Диметилтерефталат		
5.	Отн. Тегло 789.3 [kg/m ³]	Динамичен вискозитет 1,03.10 ⁻⁶ [kg/m.sec]	
6.	Температура 40[°C]	Налягане 0.44[kgf/cm ²]	
7.	Количество 1.3 [kg/h]	макс: 4200	мин: 0 средно: 3700 ÷ 3800
8.	Прибори на място		
9.	1. Чувствителен елемент.		
10.	Обхват на измерване: 0 – 200 °C		
11.	Тип: СВ (TSCB)	П–во: COMECO	
12.	2. Нормиращ преобразувател.		
13.	Изходен сигнал: 4 ÷ 20 mA		
14.	Захранваща енергия: 24 VDC		
15.	Тип: ELT – 162	П–во: Hokusin – Япония	
16.	3. Други		
17.	Прибори зад табло		
18.	4. Регулатор.		
19.	Входен сигнал: 4 ÷ 20 mA		
20.	Изходен сигнал: 4 ÷ 20 mA		
21.	Захранваща енергия: 220 VAC 50Hz		
22.	Тип: СВ 530	П–во: HoneyWell	
23.	Прибори на табло		
24.	6. Вторични показващ и пишещ уред.		
25.	Входен сигнал: 4 ÷ 20 mA		
26.	Изходен сигнал:		
27.	Захранваща енергия: 220 VAC 50Hz		
28.	Тип:	П–во: HoneyWell	
29.	7. Станция за управление.		
30.	Входен сигнал: 4 ÷ 20 mA		
31.	Изходен сигнал: 4 ÷ 20 mA		
32.	Захранваща енергия: 220 VAC 50Hz		
33.	Тип:	П–во: HoneyWell	
34.	Прибори на място		
35.	8. Преобразувател на изх. мощност.		
36.	Входен сигнал: 4 ÷ 20 mA		
37.	Изходен сигнал: 220 V, релеен		
38.	Захранваща енергия: 220 VAC 50Hz		
39.	Тип: R7165	П–во: HoneyWell	
40.	9. Изпълнителен механизъм.		
41.	Входен сигнал: 220 V, релеен		
42.	Изходен сигнал: механична връзка		
43.	Захранваща енергия: 220 VAC 50Hz		
44.	Тип: МЭО–16/25–0,63–82		
45.	П–во: Чебоксарски завод		
46.	10. Регулиращ орган.		
47.	Входен сигнал: механична връзка		
48.	Захранваща енергия: няма		
49.	Диапазон на действие: 0 ÷ 100%		
	Тип: Марица	П–во: България	
	Въпросен лист №		
	Съставил: Таня Величкова Р–л група: ст.ас. П. Василев		

Температура в една тарелка;

T=144

Горна граница Pmax=75

Нова горна граница Pmax=135

75тор=0.179бар
PS/32/82/0-0.25//4-20mA/0-10V//HT

II. Избор на алгоритми за управление.

Типът на регулатора се определя въз основа на отношението $\tau_{об} / T_{об}$, известно като относителна инерционност. За относителната инерционност се получава: $\tau_{об} / T_{об} = 0,27$. Областите на приложимост съобразно типа на действие са показани в долната таблица.

Относителна инерционност	Тип на регулатора
$\tau_{об} / T_{об} \leq 0,2$	с релейно действие
$0,2 \leq \tau_{об} / T_{об} \leq 1$	С непрекъснато действие- П, И, ПИ, ПИД
$1 \leq \tau_{об} / T_{об}$	с импулсно действие

Според горната таблица, трябва да се избере регулатор с непрекъснато действие. Изходните данни за определяне на закона за регулиране включват:

- 1) Параметрите на обекта $K_{об}$, $T_{об}$ и $\tau_{об}$.
- 2) Желаната степен на пререгулиране, въз основа на която се избира типов преходен процес – апериодичен, с 20% пререгулиране или с минимална стойност на интегрално – квадратичния критерий.
- 3) Максимално допустимото динамично отклонение в единиците на регулируемата величина – x_M .
- 4) Допустимото време на регулиране – t_p .
- 5) Допустимата статична грешка – $x_{ст}$.
- 6) Максималните възможни стойности на амплитудата на смущенията (y_{max}) изразени чрез еквивалентно преместване на регулиращия орган, измерено в проценти от неговия ход [%XPO].

При избор на регулатор с непрекъснато действие се използва помощен параметър, наречен динамичен коефициент на регулиране – R_D . Той се определя по формулата: $R_D = \frac{x_M}{K_{об} y_{max}}$. Динамичният коефициент на регулиране

(R_D) е показател за това, с колко трябва да се намали отклонението на регулируемата величина при входно въздействие с амплитуда y_{max} за обект без регулатор така, че максималното отклонение да влезе в допустимите граници, дефинирани чрез x_M . Чрез номограми за П, ПИ и ПИД регулатори и чрез относителната инерционност се определя R_D . По формулата на динамичния коефициент на регулиране се определя x_M . В долната таблица са показани съответните стойности за x_M , изчислени чрез R_D .

1. $k=0.4$ 2. $\sigma=20\%$ 3. $x_M=50\%=1.5$ 5. $x_{ст}=0$

Апериодичен преходен процес			
$R_D^{ПИД} = 0,68$	$x_M = 2,108$	$t_p = 4,5\tau_{об}$	$t_p = 180$
$R_D^{ПИ} = 0,70$	$x_M = 2,170$	$t_p = 8\tau_{об}$	$t_p = 320$
$R_D^П = 0,82$	$x_M = 2,542$	$t_p = 5,5\tau_{об}$	$t_p = 220$
Процес с 20% пререгулиране			
$R_D^{ПИД} = 0,50$	$x_M = 1,550$	$t_p = 6,5\tau_{об}$	$t_p = 260$

$R_D^{PI} = 0,58$	$x_M = 1,798$	$t_p = 12\tau_{об}$	$t_p = 480$
$R_D^P = 0,60$	$x_M = 1,860$	$t_p = 7\tau_{об}$	$t_p = 280$
Процес с минимална стойност на интегрално – квадратичния критерий			
$R_D^{PID} = 0,55$	$x_M = 1,705$	$t_p = 9\tau_{об}$	$t_p = 360$
$R_D^{PI} = 0,63$	$x_M = 1,953$	$t_p = 16\tau_{об}$	$t_p = 640$
$R_D^P = 0,68$	$x_M = 2,108$	$t_p = 10\tau_{об}$	$t_p = 400$

$$R_D^{PI} = \frac{x_M}{k_0 * y_{max}} = \frac{1.5}{0.4 * 7} = 0.53 \quad \frac{\tau}{T} = \frac{22}{82} = 0.27 \quad t_p = 12 * T_0 = 264$$

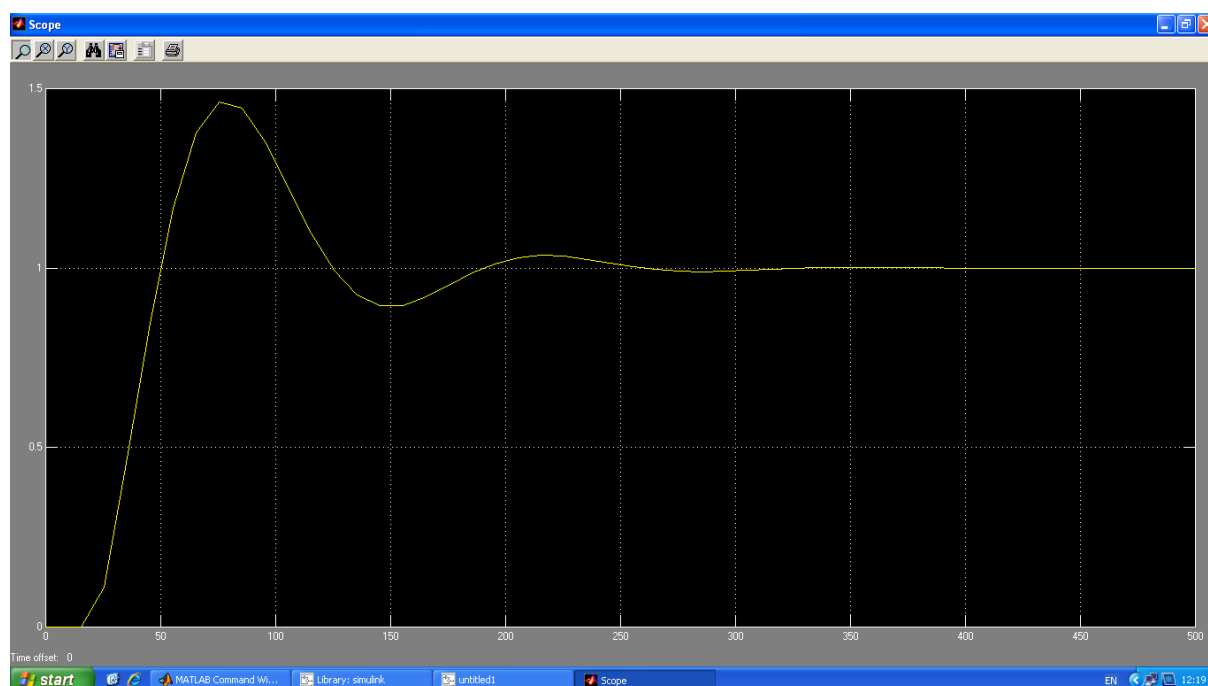
В същата таблица е показано и изчисленото допустимо време на регулиране – t_p .

Избираме процес с 20% пререгулиране и по формулите по – долу намираме стойностите за ПИ– регулатора:

$$K_p = \frac{0.7 * T_{об}}{K_{об} * \tau_{об}} = 6.52; \quad T_u = 0.7 * T_{об} = 57.4; \quad K_u = \frac{1}{T_u} = 0.017;$$

Използваме: $k_p=6.9$

$k_u=0.14$



4 x MIC434

2 x MIC442

4 x MIC721

IV. Избор на технически средства за контрол – чувствителни елементи и нормиращи преобразуватели.

Избор на чувствителни елементи за температура.

Исходните данни при избора на чувствителен елемент са: за контур TRC 58200 – регистрация и регулиране на температурата на постъпващия филтрат I – $t_{MIN} = 20^{\circ}\text{C}$ и $t_{MAX} = 100^{\circ}\text{C}$. Градуировката на чувствителния елемент за

температура се определя въз основа на два показателя – граници на измерване с гарантирана точност и ред на приложимост съгласно БДС.

Съгласно температурните граници се избира чувствителен елемент – термосъпротивление Pt46 (Pt50), градуировка 21, температурен обхват – 200...500.

Редът на приложимост на чувствителните елементи за температура гр. 21,22 регламентиран от БДС е:

гр. 21, 22: (-120...70°C), (-120...30°C), (-120...180°C), (200...500°C), (0...150°C), (0...200°C), (0...100°C);

Изборът на конкретен чувствителен елемент от каталог се извършва, като се отчитат размерите на обекта за управление и експлоатационните условия. За по – ниски температури и налягания за защитната гилза се използва бронз. Чрез специални номограми се отчита максималната безопасна дължина на защитната гилза $L = 400 \text{ mm}$.

Избираме чувствителен елемент за температура от каталога на фирма КОМЕКО. Това е ТИП СВ (TSCB) – корпус със защитна глава, чувствителен елемент 1хPt100.

Избор на чувствителни елементи за налягане.

Исходните данни при избора на чувствителен елемент са: за контур PI 58050 индикация на налягане в главата на колоната – $P_{\text{MIN}} = 0 \text{ atm}$ и $P_{\text{MAX}} = 1 \text{ atm}$. Обхватът на чувствителния елемент се определя в следната последователност.

- долната и горната граница на измерваното налягане се привеждат в инженерните единици, използвани в каталога на производителя;
- осигурява се запас по отношение на максималната стойност на измерваното налягане, като се приема нова горна граница $P_{\text{MAX}}^Z \geq 1,75P_{\text{MAX}}$;

Степента на защита на чувствителния елемент се определя съобразно съществуващите експлоатационни условия.

Избор на преобразуватели на унифициран сигнал.

Преобразувателите на унифициран сигнал, които са известни още и като нормиращи преобразуватели са устройства, предназначени за трансформиране на сигналите от един вид в друг с оглед гарантиране на информационна съвместимост между елементите на СА. Избираме унифициран токов сигнал 4...20mA. Спецификационната дума за преобразуватели за температура на фирмата Hokusin – Япония:

PS/32/82/0-0.25//4-20mA/0-10V//HT

VI. Избор на регулиращи органи и изпълнителни механизми.

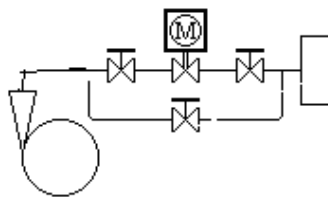
Избор на регулиращи органи.

Методиката за изчисляване и избор на регулиращи органи включва:

- определяне на минимален пад на налягане;
- пресмятане на условната пропускателна способност;
- проверка за кавитация и построяване на теоретични разходни характеристики.

По – долу е показана схема на технологичен участък. За този участък трябва да се определи минималния пад на налягане върху регулиращия орган и да

се избере подходящ регулиращ вентил тип “Марица” и да се провери вероятността за възникване на кавитация:



За решаването на тези задачи са известни следните технологични параметри и геометрични характеристики на тръбопровода:

- Налягане в началото на участъка – $P_0 = 44 \text{ MPa}$
- Налягане в края на участъка – $P_K = 0,10 \text{ MPa}$
- Протичащ максимален дебит (Q_{\max}) – дебитът от работен флуид, който трябва да пропуска напълно отворения регулиращ орган. $Q_{\max} = 3.1 \text{ dm}^3 / \text{sec}$.

- Плътност на флуида – $\rho = 789.3 \text{ kg/m}^3$.
- Кинематичен вискозитет на флуида – $\nu = 1.03 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{sec}$
- Динамичен вискозитет на флуида – $\mu = 1.2 \text{ Pa} \cdot \text{sec}$.
- Дължина на тръбопровода – $L = 12 \text{ m}$.
- Диаметър на тръбопровода – $D = 40 \text{ mm}$ (65 mm).

Коефициентите на местни хидравлични съпротивления са: помпа – $\xi_1 = 0,5$; прав ъгъл – $\xi_2 = 0,66$; оразмеряван вентил – $\xi_3 = 0,88$; запорен вентил – $\xi_4 = 0,88$; разширение на тръбопровода – $\xi_5 = 1$; $\xi_{\Sigma} = 0,5 + 3 \cdot 0,66 + 4 \cdot 0,88 + 1 = 7$.
Определяне на линейната скорост в тръбопровода:

$$w = \frac{Q_{\max}}{F_{mp}} = \frac{Q_{\max}}{3,14 \cdot D^2 / 4} = 2.58 \text{ m} / \text{sec}$$

При тези условия се изчислява критерия на Рейнолдс:

$$Re = 0,354 \frac{Q_{\max}}{D \cdot \nu} = 26635.92$$

Коефициент на хидравлично съпротивление поради триене:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = 0.0024$$

Загуби на налягане поради триене:

$$\Delta P_T = \lambda \frac{L \cdot w^2}{D \cdot 2g} \rho = 0.001889 \text{ MPa}$$

Загуби на налягане поради местни съпротивления:

$$\Delta P_M = \xi \frac{w^2}{2g} = 1874.47 \text{ kg} / \text{m}^2 = 0.01838 \text{ MPa}$$

Сумарни загуби от триене и местни съпротивления:

$$\Delta P_{TM} = \Delta P_T + \Delta P_M = 0.02026 \text{ MPa}$$

Пад на налягане върху регулиращия вентил:

$$\Delta P_{MIN} = P_0 - P_K - \Delta P_M = 0.32162 \text{ MPa}$$

Има готов софтуер за намиране на минималния пад на налягане върху регулиращия орган, чрез задаване на данните. По – долу изнесените данни се

отнасят за тръбопровод с диаметър 65 mm (0,065 m). За ΔP_{\min} се получава 0,007578 MPa, за Re – 680,1 и за w – 0,5605 m/sec.

Избор на регулиращ вентил. Определяне на условната пропускна способност:

$$K_{vy}^{(1)} = \frac{Q_{\max}}{101} \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{\min}}} = 1.520 dm^3 / sec$$

Корекция заради вискозитета на флуида:

$$Z = \frac{77400 * Q_{\max}}{10^6 * \nu * \sqrt{K_{vy}^{(1)}}} = 189078.01$$

От графика отчитаме при стойност на $Z = 13477,266$, $m = 1$. Условната пропускна способност – K_{vy} , която е изчислена по горните формули се коригира с коефициент на запас – η , който приема стойност 1,2:

$$K_{v\max} = K_{vy}^{(1)} * \eta * m = 1.824 dm^3 / sec$$

От каталог се избира най – близкия вентил с по – голяма пропускна способност . Той има следните данни: едноседален, серия M4400, $D_y = 40$ mm, $d_y = 20$ mm, $P_y = 1,6$ MN/m², $K_{v\max} = 2,46$ dm³/sec. Прави се проверка за вероятността за възникване на кавитация. За целта $K_{v\max}$ се преобразува от dm³/sec на m³/h или $K_{v\max} = 2,46$ dm³/sec = 8,856 m³/h. Изчислява се коефициента на съпротивление на регулиращия орган – ξ :

$$K_{vy} = K_{vy}^{(1)} * 3.6 = 5.472 dm^3 / sec$$

където F_y^2 е площта на условното сечение (см²) на регулиращия орган ($3,14 * D_y^2 / 4$). По данни от таблица се определя коефициента на кавитация – $K_c = 0,596$. Определя се падът на налягане, при който възниква кавитация - ΔP_{KAB} :

$$\Delta P_{KAB} = K_c (P_1 - P_H),$$

$$F_y = \frac{3,14 * d_y^2}{4} = 314,$$

$$\Delta P_{KAB} = \Delta P_{\min} = 0.32162 \text{ MPa}$$

$$\xi = \frac{22,4 * F_y^2}{K_{vy}^2} = 234.901$$

$$K_c = 0.180$$

$$\Delta P_{KAB} \leq \Delta P_{\min}$$

$$\Delta P_{KAB} = \Delta P_{\min} = 0.32163 \text{ MPa}$$

където P_1 е налягането преди регулиращия орган и се намира по – формулата:

$$P_1 = P_0 - P_M - P_T = 0.41973 \text{ MPa}$$

$$\Delta P_{\min} = K_c (P_0 - P_1) = 0.0054 \text{ MPa}$$

$$\Delta P_{KAB} = k_c P_0 - P_1 k_c$$

а P_H е абсолютното налягане на наситените пари на течността при температура преди вентила t : $P_H = 0,05$. За ΔP_{KAB} се получава 0,32163 MPa. Тъй като е изпълнено условието $\Delta P_{\min} \leq \Delta P_{KAB}$ няма опасност от възникване на кавитация и избраният регулиращ вентил може да се използва.

Определяне на теоретичните разходни характеристики. Определя се условната пропускна способност на избрания от каталог регулиращ орган – K_{TP} .

$$K_{TP} = \frac{Q_{\max}}{101} \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{TM}}} = 6.058$$

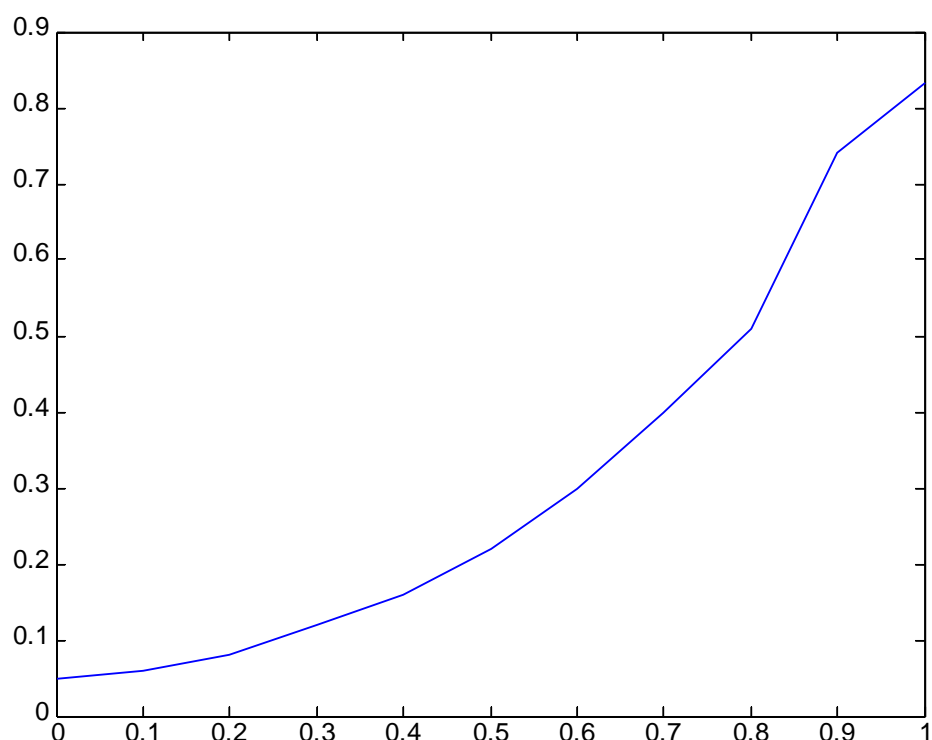
След това се определя кривата на теоретичната разходна характеристика при стойност най – близка до изчислената въз основа на съотношението:

$$n = \frac{K_{V \max}}{K_{TP}} = 0.301$$

След това се изчислява максималния приведен дебит:

$$q_{\max}^p = \frac{K_{VY}}{K_{V \max}} = 0.833$$

На долната фигура е показана кривата на теоретичната разходна характеристика (син цвят)



В долната таблица е показано линеализирането на хода на регулирания орган, чрез подходящ начин на свързване с изпълнителния механизъм. По този начин може да се използва пълния ход на регулирания орган, като L_l е % от ХРО, с който трябва да се отвори клапанът при дебит отговарящ на теоретичната разходна характеристика (син цвят), за да отговаря на линеализираната характеристика. Ексцентрикът на изпълнителния механизъм, който се завърта от 0 до 180° и осигурява придвижването на стъблото на клапана на регулирания орган, има формата показана под таблицата.

L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
L_l	0.05	0.06	0.08	0.01 2	0.16	0.22	0.3	0.4	0.51	0.74	0.89

Избор на изпълнителни механизми.

Изпълнителните механизми се състоят от следните елменти:

1) изпълнителен двигател, който е източник на силно въздействие върху регулиращия орган;

2) предавателно /преобразуващо/ устройство, което е разположено между изпълнителния двигател и регулиращия орган и е предназначено да осигурява определена скорост, посока и характер на преместването на регулиращия орган;

3) крайни изключватели, които ограничават преместването на регулиращите органи.

Най – важният показател при избора на изпълнителен механизъм това е условието за преместване на регулиращия орган. То може да се определи по формулата:

където: ΔP_{MAX} е най – големия пад на налягане при минимален разход (често се приема $\Delta P_{MAX} = P_1 = 0,41 \text{ MPa}$); $D_C = d_y = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$ – диаметър на седлото на еднosedален вентил; $d_{CT} = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$ – диаметър на стеблото; $h_C = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$ – височина на салниковото уплътнение на стеблото.

$$h_{MAX} = 12,5$$

$$r_{ВИМ} = 5$$

$$F = \frac{\pi}{4} (D_C^2 \Delta P_{MAX} - d_{CT}^2 P_1) + 0,4 P_1 d_{CT} h_C$$

$$F = \frac{3,14}{4} (0,02^2 * 0,41 - 0,01^2 * 0,41) + 0,4 * 0,41 * 0,01 * 0,025$$

$$F = 0,000100655 \text{ MN} = 100,655 \text{ N}$$

Определя се необходимия въртящ момент:

$$r_{MAX} = 3r_{ВИМ} + h_{MAX} = 15 + 12,5 = 27,5 \text{ m} = 0,0275 \text{ m}$$

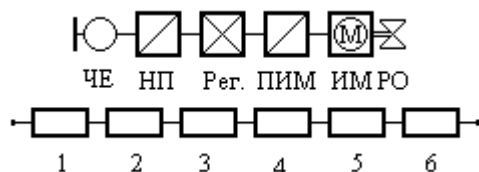
$$M_B = F * r_{MAX} * 1,5 = 4,15 \text{ Nm}$$

Съгласно горните изчисления се избира регулиращ орган МЭО–16/25–0,63–82. Той има следните данни: номинален въртящ момент – 16 Nm, време за пълен ход на вала – 25 sec, пълен ход на вала – 0,63 оборота.

Виж приложение №1.

VIII. Пресмятане на показателите за надежност на САР.

За дадената схема имаме следните времена на безотказна работа за отделните елементи:



Δt_1	$\Delta t_{2,4}$	Δt_3	Δt_5	Δt_6
600.75 h	38448 h	76896 h	8811 h	1241.55 h

Определят се показателите за надежност и общото време на работа до отказ:

$$\lambda_1 = \frac{1}{t_{CP_1}} = \frac{1}{600.75} = 0,0016664 \text{ h}^{-1} \quad \lambda_2 = \frac{1}{t_{CP_2}} = 0,000026 \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{t_{CP_3}} = 0,00013 \text{ h}^{-1} \quad \lambda_4 = \frac{1}{t_{CP_4}} = 0,000026 \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_5 = \frac{1}{t_{CP_5}} = 0,0001134h^{-1} \quad \lambda_6 = \frac{1}{t_{CP_6}} = 0,0000805h^{-1}$$

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^6 \lambda_i = 0,0020423h^{-1} \quad T_{CP} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = 489h$$

$$t_{bi} = t_{cni} \cdot 10^{-5}$$

tcp ₁	tcp _{2,4}	tcp ₃	tcp ₅	tcp ₆
0.060075 h	0.38448 h	0.76896 h	0.08811 h	0.0124155 h

$$\mu_i = \frac{1}{t_{bi}}$$

μ ₁	μ _{2,4}	μ ₃	μ ₅	μ ₆
16.645859	2.600915	1.300457	11.350737	80.54448

$$T_B = T_{cp} \sum \frac{\lambda_i}{\mu_i} = 0,999782147$$

α _{5,7}	α _{6,8}
0.0001134	0.0000805

Определяне на показатели за надеждност при резервиране на контура.

m=2

$$T_{CP1} = \frac{1}{\lambda_0} (m+1) = 7735.946h$$

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^6 \lambda_i = 0,0003878h^{-1}$$

λ ₁	λ _{2,4}	λ ₃
0.0016664 h ⁻¹	0.000026 h ⁻¹	0.00013h ⁻¹

$$\lambda_{01} = \sum_{i=1}^6 \lambda_i = 0,0018484h^{-1}$$

$$T_{CP2} = \sum \frac{1}{\lambda_{01}} = 541.0084h$$

$$T_{\Sigma cp} = T_{cp1} + T_{cp2} = 8276.9544$$

μ ₁	μ ₂	μ ₃	μ ₄
16.645859	2.600915	1.300457	2.6000915

$$T_{B1} = T_{cp} \sum \frac{\lambda_i}{\mu_i} = 1.8035$$

$$P(1000) = \frac{T_{\Sigma cp}}{T_{CP4} + T_B} = 0,999782153$$

Определяне на времето за безотказна работа на първия елемент е увеличен три пъти

tcp ₁	tcp _{2,4}	tcp ₃	tcp ₅	tcp ₆
0.180225h	0.38448 h	0.76896 h	0.08811 h	0.0124155 h

μ ₁	μ _{2,4}	μ ₃	μ ₅	μ ₆
16.645859	2.600915	1.300457	11.350737	80.54448

$$\lambda_1=5.548619$$

$$\lambda_{\Sigma}=\sum_{i=1}^6\lambda_i=5.548994h^{-1}$$

$$T_{CP}=\frac{1}{\lambda_{\Sigma}}=0.180212h$$

$$T_B=T_{cp}\sum\frac{\lambda_i}{\mu_i}=0,3334509$$

$$P\left(1000\right)=\frac{T\sum^{cp}}{T_{CP_4}+T_B}=0.350837$$