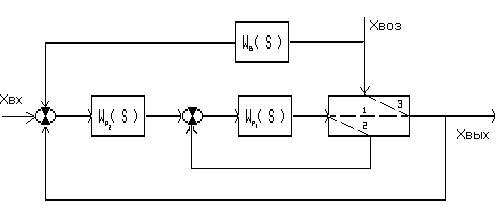
Содержание  
1.Задание  
2.Проведение эксперимента  
3.Индентификация каналов методом Симою и проверка аппроксимации  
4.Расчет оптимальных настроек регулятора одноконтурной системы  
5.Расчет оптимальных настроек регулятора каскадной системы  
6.Расчет компенсирующего устройства  
7.Расчет оптимальных настроек регулятора одноконтурной системы реального объекта  
8.Расчет оптимальных настроек регулятора каскадной системы реального объекта  
9.Расчет компенсирующего устройства реального объекта  
10.Анализ переходных процессов  
11.Перечень файлов  
12.Список программного обеспечения

1.Задание  
Исследовать работу комбинированной автоматической системы управления в целом и её отдельных контуров. Провести расчет оптимальных настроечных параметров регуляторов САР и провести реализацию полученных результатов на реальном объекте – Ремиконт-120.  
Комбинированная система управления  
1 – основной канал (Wоб(S));

2 – внутренний канал (Wоб1(S));  
3 – канал по возмущению (Wов(S)).



2.Проведение эксперимента  
Для проведения эксперимента на Р-120 собираем 3 модели: по основному каналу, по внутреннему каналу и по каналу возмущения.

2.1 Проведение эксперимента по основному каналу

Для снятия кривой разгона подаем на алгоблок 1.1 возмущающее воздействие амплитудой 10% и снимаем с этого алгоблока кривую разгона .Заносим кривую в файл VIT1.После интерполяции по 5 точкам и нормирование получаем кривую разгона , представленную в таблице /см. табл. 2.1/  
  



2.2 Проведение эксперимента по внутреннему каналу



Для снятия кривой разгона по внутреннему каналу проводим такие же действия ,что и при снятии первой кривой. Полученную кривую разгона заносим в файл VIT2.После обработки кривой результаты заносим в таблицу /см. табл. 2.2/  
табл 2.2 Нормированная кривая разгона  
  

2.3 Проведение эксперимента по каналу возмущения

Для снятия кривой разгона по каналу возмущения проводим такие же действия ,что и при снятии первой кривой. Полученную кривую разгона заносим в файл VIT2.После обработки кривой результаты заносим в таблицу /см. табл. 2.3/  
табл 2.3 Нормированная кривая разгона  
 



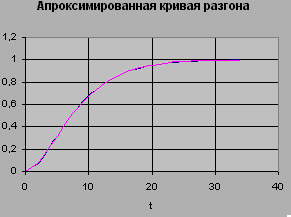
3.Идентификация каналов и методом Симою и проверка аппроксимацию

3.1 Основной канал   
В программе ASR по нормированной кривой разгона ( исключая запаздывание ) получим значения площадей :  
F1=6.6627;  
F2=14.5831;  
F3=7.1130.  
Т.о передаточная функция объекта:W(s)об=1/14.583\*s2+6.663\*s+1  
Проведем проверку аппроксимации , т.е. найдем статическую ошибку нормированной кривой разгона от кривой разгона , полученной по переходному процессу . Воспользуемся преобразованиями по Карлону-Хевисайда и теорему разложения .  
В результате получим :  
корни характеристического уравнения :14.583\*S2+6.663\*S+1=0  
S1=-0.228+j0.128  
S2=-0.228-j0.128  
Вещественная часть корней отрицательна , следовательно можно сделать вывод об устойчивости объекта.  
Переходной процесс объекта имеет вид :  
y(t)=1+2.046\*cos(4.202-0.128\*t)\*e-0.228\*t  
В это уравнение подставляем значение t ,получаем график переходного процесса по основному каналу (аппроксимированная кривая разгона )  
табл. 3.1 Аппроксимированная кривая разгона  
   



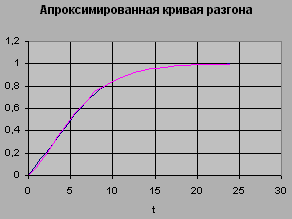
Сравнение нормированной кривой разгона и полученного переходного процесса по основному каналу и будет являться проверкой аппроксимации объекта управления.  
Расчетная формула : (h(t)-y(t))\*100/h(y)  
Максимальное отклонение составляет (0.0533-0.0394)\*100/0.0533=26%  
Полная передаточная функция ( включая звено чистого запаздывания ) имеет вид: W(s)об=1\*e-6\*s/14.583\*s2+6.663\*s+1

3.2 Внутренний канал   
В программе ASR по нормированной кривой разгона получим значения площадей  
F1=8.508;  
F2=19.5765;  
F3=0.4436.  
Т.о передаточная функция объекта:  
Проведем проверку аппроксимации , т.е. найдем статическую ошибку нормированной кривой разгона от кривой разгона , полученной по переходному процессу . Воспользуемся преобразованиями по Карлону-Хевисайда и теорему разложения .  
В результате получим :W(s)об1=1/19.576\*s2+8.508\*s+1  
корни характеристического уравнения :19.576\*S2+8.508\*S+1=0  
S1=-0.21731+j0.06213  
S2=-0.21731-j0.06213  
Вещественная часть корней отрицательна , следовательно можно сделать вывод об устойчивости объекта.  
Переходной процесс объекта имеет вид :  
y(t)=1+3.638\*cos(4.434-0.062\*t)\*e-0.217\*t  
В это уравнение подставляем значение t ,получаем график переходного процесса по основному каналу (аппроксимированная кривая разгона )  
табл. 3.2 Аппроксимированная кривая разгона  
     



При сравнении кривых разгона получаем максимальное отклонение :  
(0.0345-0.0321)\*100/0.0345=7%

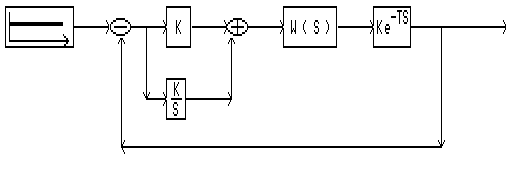
3.3 Канал по возмущению   
В программе ASR по нормированной кривой разгона получим значения площадей  
F1=5.8678;  
F2=8.1402  
F3=-4.8742.  
Составляем систему уравнений:  
 a1=5.868+b1  
 a2=8.14+b1\*5.688  
 0=-4,874+b1\*8.14  
Откуда b1=0.599 , a1=6.467 , a2=11.655  
Т.о передаточная функция объекта:W(s)ов=0.599\*s/11.655\*s2+6.467\*s+1  
Проведем проверку аппроксимации , т.е. найдем статическую ошибку нормированной кривой разгона от кривой разгона , полученной по переходному процессу . Воспользуемся преобразованиями по Карлону-Хевисайда и теорему разложения .  
В результате получим :  
корни характеристического уравнения :11.655\*S2+6.467\*S+1=0  
S1=-0.27743+j0.09397  
S2=-0.27743-j0.09397  
Вещественная часть корней отрицательна , следовательно можно сделать вывод об устойчивости объекта.  
Переходной процесс объекта имеет вид :  
y(t)=1+2.605\*cos(4.318-0.094\*t)\*e-0.277\*t  
В это уравнение подставляем значение t ,получаем график переходного процесса по основному каналу (аппроксимированная кривая разгона )  
табл. 3.2 Аппроксимированная кривая разгона



При сравнении кривых разгона получаем максимальное отклонение :  
(0.0966-0.0746)\*100/0.0966=22.5%

4.Расчет оптимальных настроек регулятора одноконтурной системы  
Важным элементом синтеза АСР технологического процесса является расчет одноконтурной системы регулирования . При этом требуется выбрать структуру и найти числовые значения параметров регуляторов . АСР образуется при сочетании объект регулирования и регулятора , и представляет собой единую динамическую систему.  
 Расчет настроек АСР методом Ротача.  
Передаточная функция объекта по основному каналу имеет вид:  
W(s)об=1\*e-6\*s/14.583\*s2+6.663\*s+1  
В программе Linreg производим расчет оптимальных настроечных параметров ПИ регулятора:  
Kп=0.51007;  
Tи=5.32345;  
wкр=0.14544.  
Cмоделируем в пакете SIAM переходные процессы одноконтурной системы по управляющему и по возмущающему воздействию.



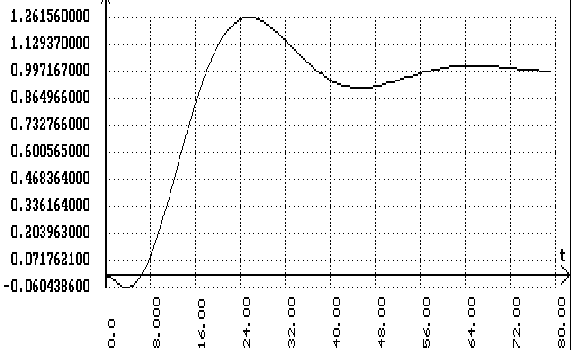
Структурная схема одноконтурной системы по управляющему воздействию

W(s)=1/(14.583\*s2+6.663\*s+1)

K=Kп=0.51007

K/S=Kп/Tи=0.0958

K=1,T=6



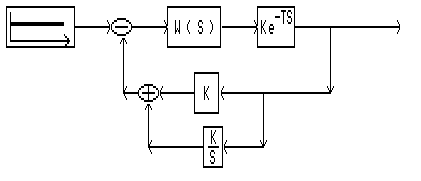
Переходной процесс

Перерегулирование – 26%

Время затухания – 65с

Степень затухания – 1

Структурная схема одноконтурной системы по возмущающему

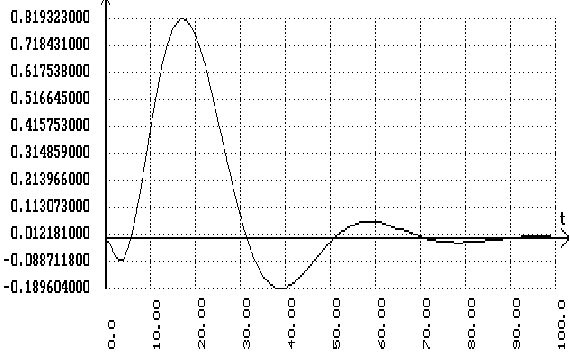


воздействию

W(s)=1/(14.583\*s2+6.663\*s+1)

K=Kп=0.51007

K/S=Kп/Tи=0.0958



K=1,T=6

Перерегулирование – 82%

Время затухания – 65с

Степень затухания – 0.93

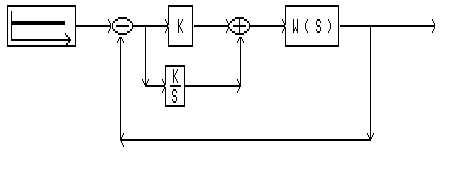
5. Расчет оптимальных настроек каскадной системы

5.1 Расчет настроек по внутреннему каналу  
Передаточная функция объекта по внутреннему каналу имеет вид:  
W(s)об1=1/19.576\*s2+8.508\*s+1  
Расчет настроечных параметров регулятора производим методом Ротача в программе Linreg . Результаты :

Kп=4.06522

Ти=7.26837

wкр=0.4151  
В пакете Siam смоделируем переходные процессы по управляющему и по возмущающему воздействию .

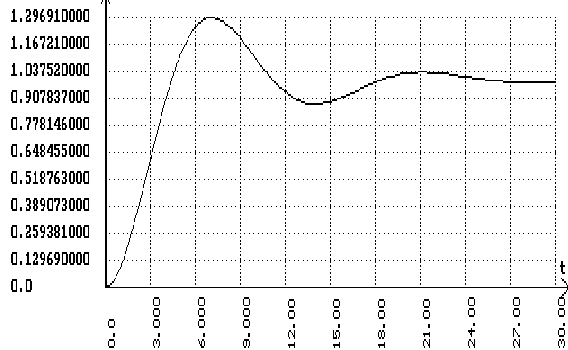


Структурная схема внутреннего канала по управляющему воздействию

W(s)=1/(19.576\*s2+8.508\*s+1)

K=Kп=4.06522

K/S=Kп/Tи=0.5593



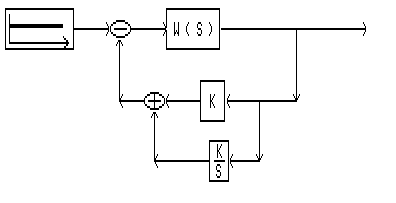
Переходной процесс

Перерегулирование – 29%

Время затухания – 9с

Степень затухания – 0.86

Структурная схема внутреннего канала по возмущаеющему

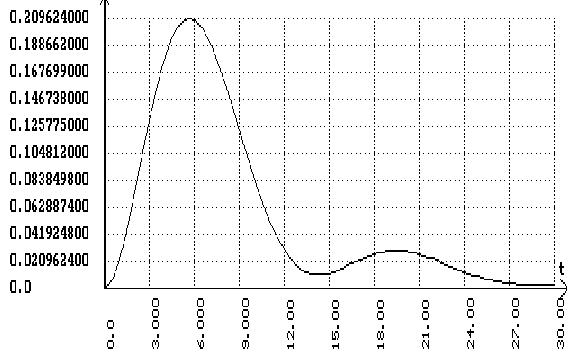


воздействию

W(s)=1/(19.576\*s2+8.508\*s+1)

K=Kп=4.06522

K/S=Kп/Tи=0.5593



Переходной процесс

Перерегулирование – 21%

Время затухания – 13с

Степень затухания – 0.86

5.2 Выбор и расчет передаточной функции эквивалентного объекта  
Настроечные коэффициенты для регулятора Р1 рассчитываются, как настройки для внутреннего контура . Настроечные коэффициенты для регулятора Р2 рассчитываются по передаточной функции эквивалентного объекта .

Сравнивая время затухания переходных процессов внутреннего и основного контуров определяем , что Wэкв соответствует виду : Wэкв(s)=Wоб(s)/Wоб1(s) ,  
где Wоб(s)=1\*e-6\*s/(14.583\*s2+6.663\*s+1),  
 Wоб1(s)=1/(19.576\*s2+8.508\*s+1).  
После проведенных расчетов получаем :

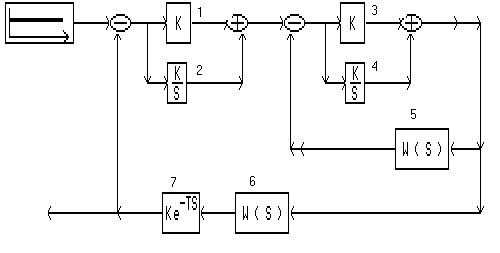
Wэкв(s)=(19.576\*s2+8.508\*s+1)\*e-6\*s/(14.583\*s2+6.663\*s+1)

5.3 Расчет оптимальных настроек внешнего регулятора .  
В программе Linreg вводим передаточную функцию эквивалентного объекта и получаем значения оптимальных настроек регулятора Р2 .

Kп=0.19898

Ти=1.44671

Wкр=0.30928  
В пакете Siam смоделируем переходные процессы по управляющему и по возмущающему воздействию .



Структурная схема каскадной системы по управляющему воздействию

1.K=Kп=0.19898

2.K/S=Kп/Tи=0.13754

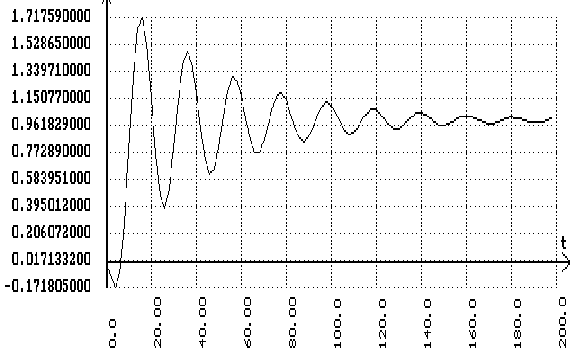
3.K=Kп=4.06522

4.K/S=Kп/Tи=0.5593

5.W(s)=1/(19.576\*s2+8.508\*s+1)

6.W(s)=1/(14.583\*s2+6.663\*s+1)

7.K=1,T=6

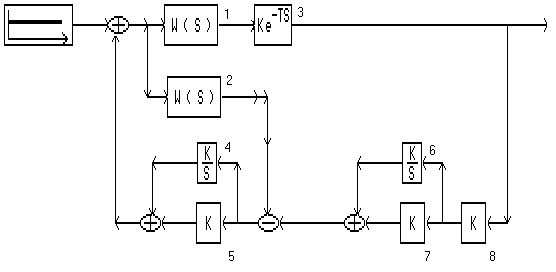


Переходной процесс

Перерегулирование – 72%

Время затухания – 150с

Степень затухания – 0.42



Структурная схема каскадной системы по возмущающему воздействию

1. W(s)=1/(14.583\*s2+6.663\*s+1)

2. W(s)=1/(19.576\*s2+8.508\*s+1)

3. K=1,T=6

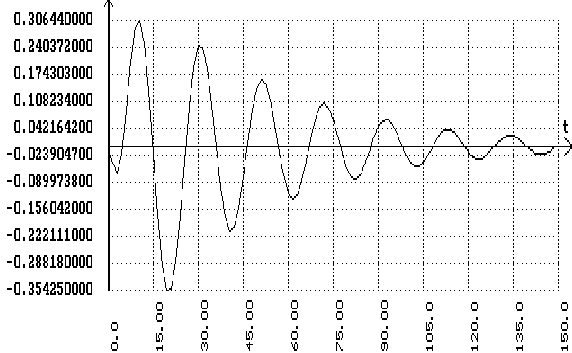
4. K/S=Kп/Tи=0.5593

5. K=Kп=4.06522

6. K/S=Kп/Tи=0.13754

7. K=Kп=0.19898

8.K=-1



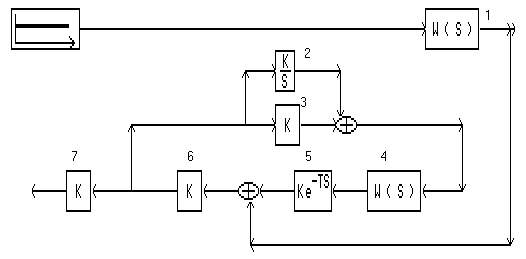
Переходной процесс

Перерегулирование – 31%

Время затухания – 110с

Степень затухания – 0.23

6. Расчет компенсирующего устройства  
Для этого смоделируем в пакете SIAM схему комбинированной системы без компенсатора .



Структурная схема комбинированной системы без компенсатора

1.W(s)=0.599\*s/(11.655\*s2+6.467\*s+1)

2.K=Kп=0.51007

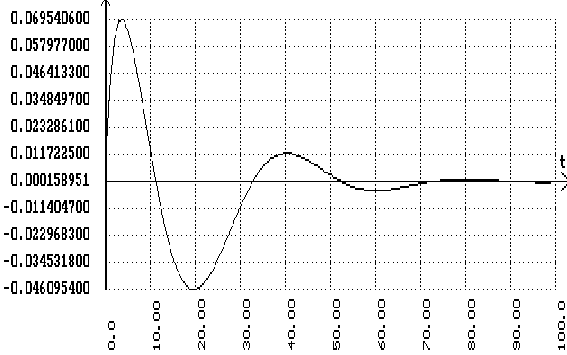
3.K/S=Kп/Tи=0.0958

4.W(s)=1/(14.583\*s2+6.663\*s+1)

5.K=1,T=6

6.K=-1

7.K=-1



Переходной процесс

Перерегулирование – 7%

Время затухания – 35с

Степень затухания – 0.86

6.2 Комбинированная система управления с подачей дополнительного воздействия на вход регулятора

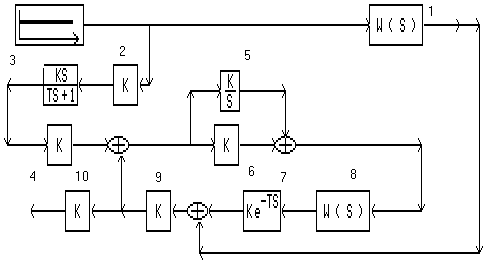
Определим передаточную функцию фильтра согласно формуле :  
Wф(s)=Wов(s)/(Wоб(s)\*Wр(s)) ,  
где Wов(s) – передаточная функция канала по возмущению ,  
 Wоб(s) - передаточная функция объекта ,  
 Wр(s) - передаточная функция регулятора,

Находим значения передаточной функции фильтра для нулевой частоты :  
Aф(0)=Aов(0)/(Aоб(0)\*Aр(0))=0 Fф(0)=Fов(0)-(Fоб(0)+Fр(0))=90  
Находим значения передаточной функции фильтра для резонансной частоты (w=0.14544):  
Aф(w)=Aов(w)/(Aоб(w)\*Aр(w))=0.072/(0.834\*0.326)=0.265  
Fф(w)=Fов(w)-(Fоб(w)+Fр(w))=141-(-130+(-52))=323=-37

В качестве компенсатора возмущения используем реальное дифференциальное звено : Wk(s)=Kв\*Тв(s)/(Tв(s)+1)

Координаты компенсатора определяем геометрически .  
Kв=ОД=0.32  
Тв=(1/w)\*sqrt(ОС/ДС)=8.876

Cмоделируем в пакете SIAM схему комбинированной системы c компенсатором .



Структурная схема комбинированной системы с компенсатором

1.W(s)=0.599\*s/(11.655\*s2+6.467\*s+1)

2.К=0.32

3.К=8.786,Т=8.786

4.К=-1

5.K/S=Kп/Tи=0.0958

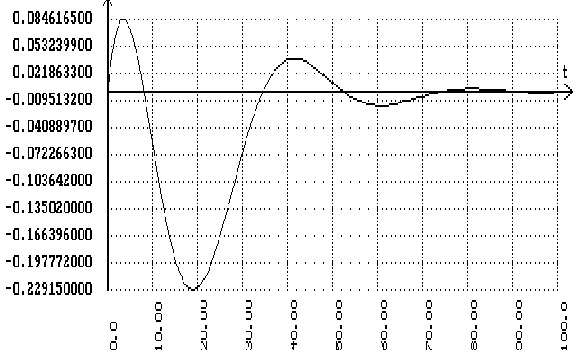
6.K=Kп=0.51007

7.K=1,T=6

8.W(s)=1/(14.583\*s2+6.663\*s+1)

9.К=-1

10.К=-1



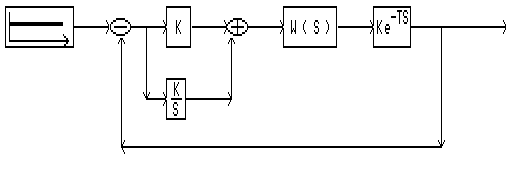
Переходной процесс

Перерегулирование – 8%

Время затухания – 60с

Степень затухания –0.56

7.Расчет оптимальных настроек регулятора одноконтурной системы реального объекта  
 Расчет настроек АСР методом Ротача.  
Передаточная функция объекта по основному каналу имеет вид:  
W(s)об=1\*e-6\*s/13.824\*s3+17.28\*s2+7.2\*s+1  
В программе Linreg производим расчет оптимальных настроечных параметров ПИ регулятора:  
Kп=0.49;  
Tи=5.346;  
wкр=0.1403.  
Cмоделируем в пакете SIAM переходные процессы одноконтурной системы по управляющему и по возмущающему воздействию.



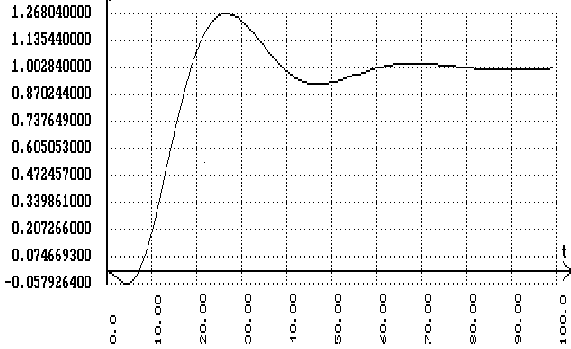
Структурная схема одноконтурной системы по управляющему воздействию

W(s)=1/( W(s)об1=1/13.824\*s3+17.28\*s2+7.2\*s+1

K=Kп=0.49

K/S=Kп/Tи=0.0916

K=1,T=6



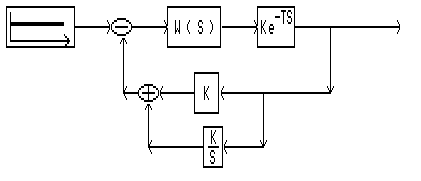
Переходной процесс

Перерегулирование – 27%

Время затухания – 70с

Степень затухания – 1

Структурная схема одноконтурной системы по возмущающему

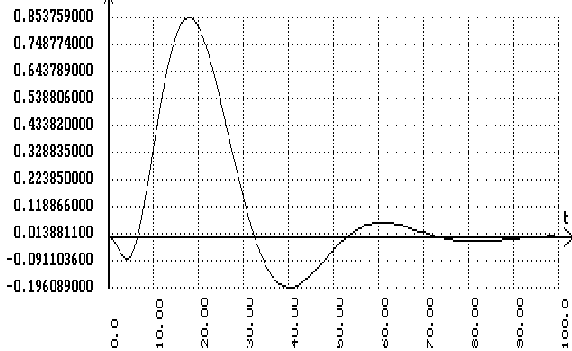


воздействию

W(s)=1/( W(s)об1=1/13.824\*s3+17.28\*s2+7.2\*s+1

K=Kп=0.49

K/S=Kп/Tи=0.0916



K=1,T=6

Перерегулирование – 85%

Время затухания – 70с

Степень затухания – 0.94

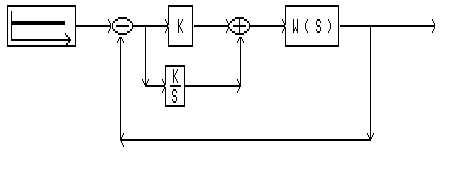
8. Расчет оптимальных настроек каскадной системы

8.1 Расчет настроек по внутреннему каналу  
Передаточная функция объекта по внутреннему каналу имеет вид:  
W(s)об1=1/23.04\*s2+9.6\*s+1  
Расчет настроечных параметров регулятора производим методом Ротача в программе Linreg . Результаты :

Kп=4.396

Ти=7.875

wкр=0.3931  
В пакете Siam смоделируем переходные процессы по управляющему и по возмущающему воздействию .

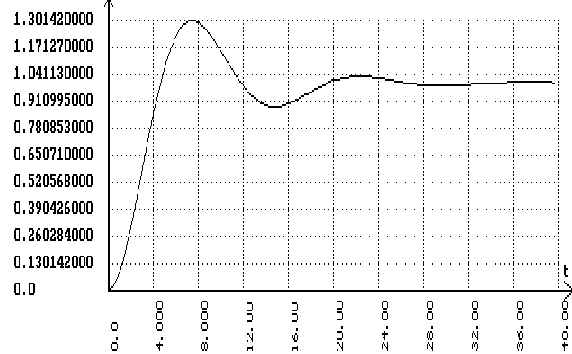


Структурная схема внутреннего канала по управляющему воздействию

W(s)=1/(23.04\*s2+9.6\*s+1)

K=Kп=4.396

K/S=Kп/Tи=0.5582



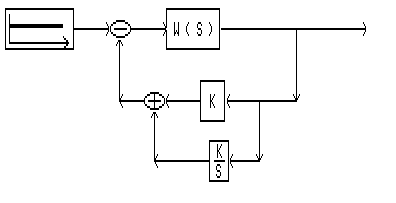
Переходной процесс

Перерегулирование – 30%

Время затухания – 20с

Степень затухания – 0.9

Структурная схема внутреннего канала по возмущаеющему

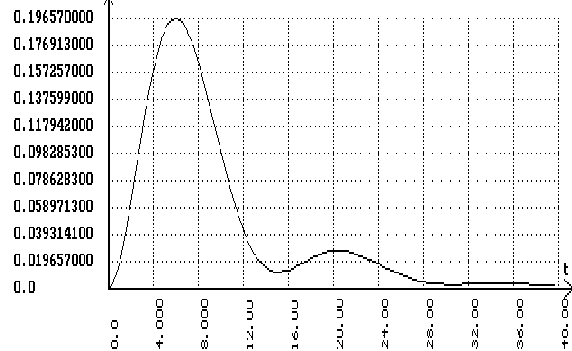


воздействию

W(s)=1/(23.04\*s2+9.6\*s+1)

K=Kп=4.396

K/S=Kп/Tи=0.5582



Переходной процесс

Перерегулирование – 20%

Время затухания – 20с

Степень затухания – 0.85

8.2 Выбор и расчет передаточной функции эквивалентного объекта  
Настроечные коэффициенты для регулятора Р1 рассчитываются , как настройки для внутреннего контура . Настроечные коэффициенты для регулятора Р2 рассчитываются по передаточной функции эквивалентного объекта .

Сравнивая время затухания переходных процессов внутреннего и основного контуров определяем , что Wэкв соответствует виду : Wэкв(s)=Wоб(s)/Wоб1(s) ,  
где Wоб(s)=1\*e-6\*s/(13.824\*s3\*17.28\*s2+7.2\*s+1),  
 Wоб1(s)=1/(23.04\*s2+9.6\*s+1).  
После проведенных расчетов получаем :

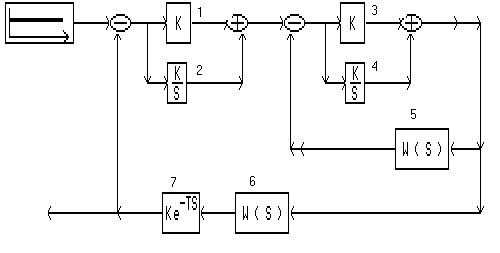
Wэкв(s)=(23.04\*s2+9.6\*s+1)\*e-6\*s/(13.824\*s3\*17.28\*s2+7.2\*s+1)

8.3 Расчет оптимальных настроек внешнего регулятора .  
В программе Linreg вводим передаточную функцию эквивалентного объекта и получаем значения оптимальных настроек регулятора Р2 .

Kп=0.111

Ти=1.037

Wкр=0.29101  
В пакете Siam смоделируем переходные процессы по управляющему и по возмущающему воздействию .



Структурная схема каскадной системы по управляющему воздействию

1.K=Kп=0.111

2.K/S=Kп/Tи=0.107

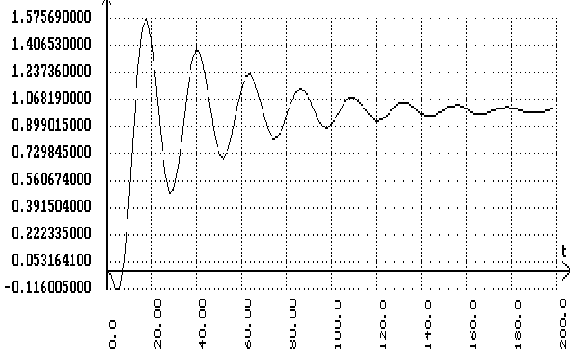
3.K=Kп=4.396

4.K/S=Kп/Tи=0.5582

5.W(s)=1/(23.04\*s2+9.6\*s+1)

6.W(s)=1/(13.824\*s3\*17.28\*s2+7.2\*s+1)

7.K=1,T=6

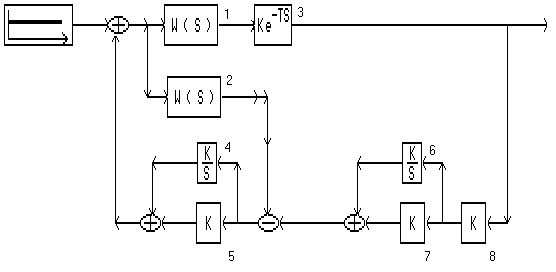


Переходной процесс

Перерегулирование – 57%

Время затухания – 150с

Степень затухания – 0.91



Структурная схема каскадной системы по возмущаещему воздействию

1. W(s)=1/(13.824\*s3\*17.28\*s2+7.2\*s+1)

2. W(s)=1/(23.04\*s2+9.6\*s+1)

3. K=1,T=6

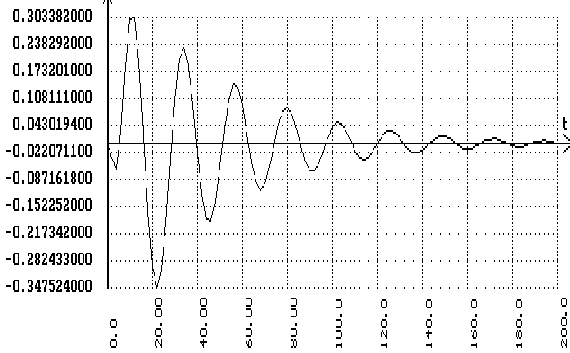
4. K/S=Kп/Tи=0.5582

5. K=Kп=4.396

6. K/S=Kп/Tи=0.107

7. K=Kп=0.111

8.K=-1



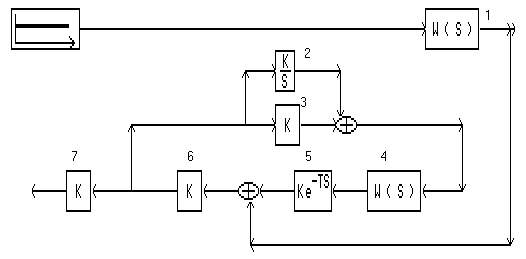
Переходной процесс

Перерегулирование – 30%

Время затухания – 120с

Степень затухания – 0.23

9. Расчет компенсирующего устройства  
Для этого смоделируем в пакете SIAM схему комбинированной системы без компенсатора .



Структурная схема комбинированной системы без компенсатора

1.W(s)=1/(9\*s2+6\*s+1)

2.K=Kп=0.49

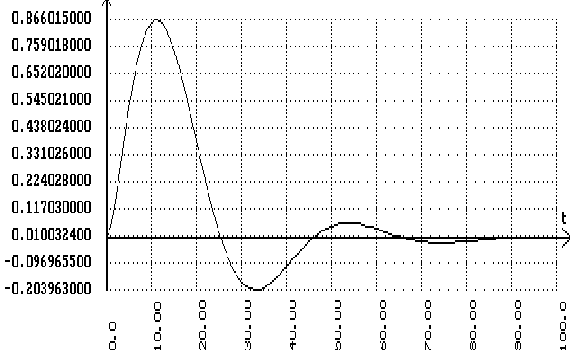
3.K/S=Kп/Tи=0.0916

4.W(s)=1/(13.824\*s3\*17.28\*s2+7.2\*s+1)

5.K=1,T=6

6.K=-1

7.K=-1



Переходной процесс

Перерегулирование – 87%

Время затухания – 65с

Степень затухания –0.95

9.2 Комбинированная система управления с подачей дополнительного воздействия на вход регулятора

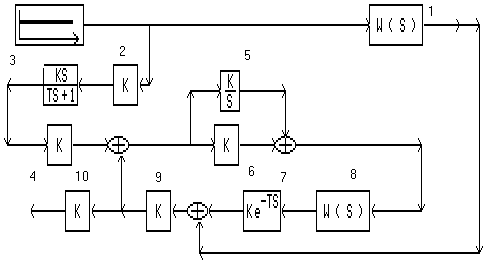
Определим передаточную функцию фильтра согласно формуле :  
Wф(s)=Wов(s)/(Wоб(s)\*Wр(s)) ,  
где Wов(s) – передаточная функция канала по возмущению ,  
 Wоб(s) - передаточная функция объекта ,  
 Wр(s) - передаточная функция регулятора,

Находим значения передаточной функции фильтра для нулевой частоты :  
Aф(0)=Aов(0)/(Aоб(0)\*Aр(0))=0 Fф(0)=Fов(0)-(Fоб(0)+Fр(0))=90  
Находим значения передаточной функции фильтра для резонансной частоты (w=0.14544):  
Aф(w)=Aов(w)/(Aоб(w)\*Aр(w))=0.769/(0.816\*0.851)=1.13  
Fф(w)=Fов(w)-(Fоб(w)+Fр(w))=-46-(-53+(-76))=83

В качестве компенсатора возмущения используем реальное дифференциальное звено : Wk(s)=Kв\*Тв(s)/(Tв(s)+1)

Координаты компенсатора определяем геометрически .  
Kв=ОД=7  
Тв=(1/w)\*sqrt(ОС/ДС)=1.018

Cмоделируем в пакете SIAM схему комбинированной системы c компенсатором .



Структурная схема комбинированной системы с компенсатором

1.W(s)=1/(9\*s2+6\*s+1)

2.К=7

3.К=1.018,Т=1.018

4.К=-1

5.K/S=Kп/Tи=0.0916

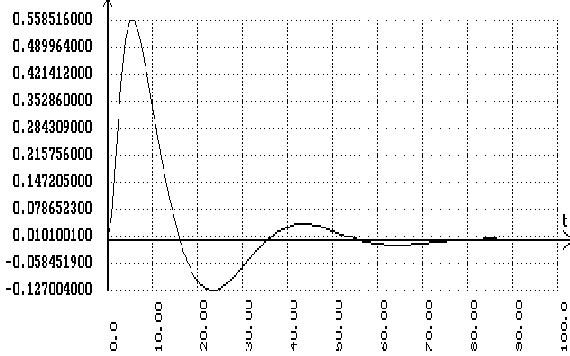
6.K=Kп=0.49

7.K=1,T=6

8.W(s)=1/(13.824\*s3\*17.28\*s2+7.2\*s+1)

9.К=-1

10.К=-1



Переходной процесс

Перерегулирование – 56%

Время затухания – 70с

Степень затухания –0.93

10. Анализ переходных процессов

10.1 Анализ переходных процессов модели  
Для того чтобы сделать анализ составляется сводная таблица переходных процессов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cхема регулирования | по управлению |  |  | по возмущению |  |  |
|  | перере- | время | степень | перере- | время | степень |
|  | гулиров | регулир | регулир | гулиров | регулир | регулир |
| одноконтурная | 26 | 65 | 1 | 82 | 65 | 0.93 |
| каскадная | 72 | 150 | 0.42 | 31 | 110 | 0.23 |
| комбинированная без компенсатора |  |  |  | 7 | 35 | 0.86 |
| комбинированная с компенсатором |  |  |  | 8 | 60 | 0.56 |

По данным полученным в результате расчетов можно сделать вывод , что лучше справляется с регулированием каскадная АСР без компенсатора возмущения .

10.2 Анализ переходных процессов реального обьекта

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cхема регулирования | по управлению |  |  | по возмущению |  |  |
|  | перере- | время | степень | перере- | время | степень |
|  | гулиров | регулир | регулир | гулиров | регулир | регулир |
| одноконтурная | 27 | 70 | 1 | 85 | 70 | 0.94 |
| каскадная | 57 | 150 | 0.9 | 30 | 120 | 0.23 |
| комбинированная без компенсатора |  |  |  | 87 | 65 | 0.95 |
| комбинированная с компенсатором |  |  |  | 56 | 70 | 0.93 |

По данным полученным в результате расчетов можно сделать вывод , что лучше справляется с регулированием каскадная АСР c компенсатором возмущения .

11. Перечень файлов   
VIT1 – кривая разгона по основному каналу  
VIT2 - кривая разгона по внутреннему каналу   
VIT3 - кривая разгона по каналу возмущения  
VIT\_1 - аппроксимированная кривая разгона по основному каналу  
VIT\_2 - аппроксимированная кривая разгона по внутреннему каналу  
VIT\_3 - аппроксимированная кривая разгона по каналу возмущения  
S\_ODN\_U – структурная схема одноконтурной системы по управлению  
S\_ODN\_V - структурная схема одноконтурной системы по возмущению  
S\_VN\_U - структурная схема внутреннего канала по управлению  
S\_VN\_V - структурная схема внутреннего канала по возмущению  
S\_KAS\_U - структурная схема каскадной системы по управлению  
S\_KAS\_V - структурная схема каскадной системы по возмущению  
S\_KOM\_NO - структурная схема комбинированной системы по управлению  
S\_KOM\_R - структурная схема комбинированной системы по возмущению

12. Список программного обеспечения  
1.ASR  
2.LINREG  
3.SIAM