Министерство образования Российской Федерации

Рязанская государственная радиотехническая академия

Кафедра САПР вычислительных средств

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе по дисциплине

“Основы автоматики и системы автоматического управления ”

на тему:

Синтез системы автоматического регулирования радиального перемещения каретки

Выполнил \_\_\_\_\_\_Пантюхин Б.Ю.

студент группы 0410

Проверил \_\_ *\_\_\_\_\_*Виноградов Ю.Л.

доцент кафедры САПР ВС

Рязань 2002

Рязанская государственная радиотехническая академия

Кафедра САПР вычислительных средств

#### **ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

по дисциплине " Основы теории управления ”

студенту Пантюхину Б.Ю*.* \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_группы *0410*\_

Тема\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Срок представления работы к защите: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_200*2* г.

Исходные данные для выполнения работы:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель работы \_*\_\_\_\_\_\_\_*

Задание выдано \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 200*2* г.

Задание принято к исполнению \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

## **Содержание**

## Задание

## Введение

## Передаточные функции звеньев

## Структурная схема САР

## Синтез САР

## Моделирование САР

1. Библиографический список

## **Задание**

Синтез системы автоматического регулирования радиального перемещения каретки (САРРП)

Исходные данные для проектирования:

Ω0 =1000 об/мин.;

коэффициент передачи датчика положения kдп = 0,01 В/мкм.

Остальные параметры системы приведены в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Uном ,В | Iя ном ,А | rя ,Ом | r *вых*, Ом | J ,Н м с2 | Tя ,с | m, г | μ ,г/с | q ,мкм | Mном |
| 53 | 10 | 1,5 | 2 | 0 | 2 | 10-4 | 33 | 2 | 1,5 | 5 |

САРРП должна обеспечивать точность хmax = 10 мкм при входных воздействиях gmax = 500 мкм на частоте ω =0,3 с-1 при заданном показателе колебательности *M* = 1, 5.

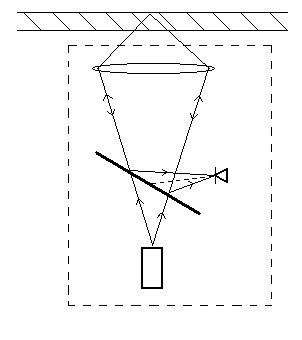
## **Введение**

В настоящее время оптические дисковые системы нашли множество применений. Возможность записи значительного объема информации и простота тиражирования делает оптический диск очень привлекательным. В сфере записи и хранения данных системы с прямой оптической записью информации стали штатными периферийными устройствами компьютеров.

Просто осуществляемое сканирование по плоской поверхности диска при считывании, обеспечивающее быстрый доступ к информации, важное качество таких систем. Дополнительным достоинством оптических дисков является отсутствие физического контакта между считывающей головкой и несущем информацию слоем, так как считывание осуществляется пучком света, сфокусированным на этом слое. Защитный прозрачный слой, покрывающий носитель информации, предохраняет мелкие детали от повреждений и затеняющих частичек.

Как и в обычной граммофонной записи, информация расположена по спирали, которая называется дорожкой. Дорожка представляет собой спиральный прерывистый пунктир из меток записи. Метки являются маленькими областями, имеющими оптический контраст с окружающей их зеркальной поверхностью, например черные элементы в виде черточек или продолговатые углубления (питы) на поверхности. Метки вызывают изменение отражения от диска вдоль дорожки. Оптическая считывающая головка, которая в данном случае заменяет механическую иглу граммофона, преобразует изменения отражения в электрический сигнал. Для этого объектив головки фокусирует лазерный луч в маленькое пятно на дорожке и направляет луч, отраженный от диска, на фотоприемник. Таким образом, сигнал с фотоприемника модулируется во времени в соответствии с метками на дорожке вращающегося диска.

Высокая плотность в записи информации достигается с помощью оптических средств, которые представляют собой оптический сканирующий микроскоп со средним увеличением. Предел плотности записи обусловлен дифракцией света, которая определяет минимальный диаметр пятна в фокальной плоскости. Размер пятна пропорционален длине волны света *λ*, излучаемого полупроводниковым лазером. Для используемых в настоящее время лазеров это составляет 109 - 1011 бит на диск. На рис.1 показаны основные оптические элементы считывающей головки.



Диск

*O*

*З* *D*

*Л*

Рис.1. Базовая оптика.

Излучение полупроводникового лазера *Л* фокусируется через прозрачную подложку диска на поверхность, несущую информацию, с помощью объектива микроскопного типа *О*. Часть отраженного света, собираемого тем же объективом, направляется полупрозрачным зеркалом *З* на детектор (фотоприемник) *D*.

Для сканирования всего диска эта конструкция должна быть укреплена на каретке, перемещающейся по радиусу диска. При этом малые и кратковременные ошибки (отклонения) пятна от дорожки устраняются за счет перемещения компактной головки относительно каретки.

Для слежения за дорожкой пятном света необходимы по крайней мере две системы управления, одна из которых действует в вертикальном, а другая в горизонтальном, по отношении к диску, направлениях. Называются они соответственно системой автоматического регулирования фокусировки (САРФ) и системой автоматического регулирования радиального положения пятна относительно дорожки записи (САРД). В видео дисковых системах дополнительно используется система управления в тангенциальном направлении (вдоль дорожки), предназначенная для компенсации высококачественных изменений скорости считывания.

Таким образом, в настоящее время оптические дисковые системы снабжены пятью системами автоматизированного регулирования, а именно:

* Вращения диска (САРВ);
* Тангенциального слежения (САРТ);
* Радиального слежения за дорожкой (САРД);
* Радиального перемещения каретки (САРРП);
* Вертикального слежения за фокусировкой (САРФ).

## Передаточные функции звеньев

слежение перемещение каретка

Системы радиального слежения за дорожкой обычно имеют малый диапазон смещения пятна. Для считывающей головки это, как правило, электромеханические ограничения, обусловленные свойствами подвески и привода. Они обуславливают диапазон радиального смещения в несколько миллиметров. Поэтому для считывания всего поля записи применяется подвижная каретка, на которой располагается оптический блок с САРД и САРФ. Если требуется быстрый доступ к далеко расположенным (относительного текущего положения) кадрам записи, требуется быстрое перемещение каретки, так называемый перескок.

Каретка должна двигаться по направляющим таким образом, чтобы она могла свободно перемещаться только в одном направлении, причём, как правило, САРФ находится в активном состоянии. Поэтому небольшие перемещения в вертикальном положении, вызванные радиальным движением каретки, не должны нарушать работу САРФ. В частности, например, отклонение перемещения каретки от плоскости диска не должно быть больше +0,5°. Эти не особенно жесткие требования могут удовлетворяться несколькими системами направляющих устройств. Часто используются устройства, в которых каретка движется по двум параллельным стержням (направляющим) с подшипниками скольжения.

Привод каретки, исключая линейные приводы, состоит из обычного электродвигателя с редуктором и преобразователем вращательного движения в поступательное. Для получения более низкого уровня шума в редукторе используются, как правило, пластмассовые шестерни, а иногда применяется и ременная передача. Для преобразования вращательного движения в поступательное наиболее часто используются червячная передача, зубчатая рейка, зубчатый ремень, простой ремень (стальной или из синтетических материалов) и фрикционная передача.

Для качественной работы САРРП очень важно, чтобы между углом поворота мотора и смещением каретки не было мертвого хода. Наличие мертвого хода может привести к возникновению нежелательных в САРРП автоколебаний. Поэтому применяются передачи с люфто-выбирателями.

Если применяется линейный двигатель, то проблемы мертвого хода не возникает, поскольку управляющая сила действует непосредственно на каретку. Недостатком ЛЭД является его малая эффективность из-за большого диапазона смещения.

На рис. 2 показана кинематическая схема механизма перемещения каретки с использованием электродвигателей. Проблемы мертвого хода и преобразования вращательного движения в поступательное решаются с помощью натянутого зубчатого ремня, изготовленного из синтетического материала и имеющего сердцевину из стальной ленты. Это позволяет увеличить резонансную частоту передачи усилия от двигателя к каретке до 500 Гц и более. Направляющие выполнены с применением шарикоподшипников, обеспечивающих точное задание поступательного движения.



Высокое значение резонансной частоты обеспечивается малой массой каретки, которая наряду с большой мощностью моторов позволяет получать очень высокие ускорения каретки. При этом появляется сила реакции, действующая на несущую конструкцию всего устройства, а это может привести к возникновению в ней нежелательных смещений и вибраций, ухудшающих работу всех САР. Для предотвращения этого и используются противовесы и два двигателя. Такая система привода позволяет скомпенсировать силы и моменты реакции. При близких характеристиках двигатели можно с приемлемой точностью рассматривать как один, с удвоенным моментом на валу.

Обычно используются электродвигатели постоянного тока с независимым возбуждением. Система уравнений для такого двигателя при управлении по цепи якоря имеет вид:



*Рис.15. Двигатель постоянного тока*

*Lя + rя⋅iя - Cе⋅Ω=U* (9)



*См⋅iя – I =Mн* (10)



где *Lя*и *rя* - индуктивность и сопротивление нагрузки якорной цепи;

*iя*- ток якоря;

*I* - момент инерции якоря;

*Се* и *См* - коэффициенты пропорциональности между скоростью вращения и противо-э.д.с и между током якоря и вращающим моментом.

Вводя оператор *р=* и решая уравнение относительно скорости вращения , получим



(11)



Для установившегося режима (р=0) получается зависимость

Ω = , (12)



где *k*1 - коэффициент передачи двигателя по скорости;

*γ* - коэффициент наклона механической характеристики.

Данная зависимость представляет собой линеаризованные механические характеристики двигателя постоянного тока. Поэтому коэффициенты Се и См могут быть подсчитаны по паспортным данным двигателя



, (13)



где *Uном*- номинальное напряжение двигателя;

*Ω0* - угловая скорость идеального холостого хода (при *U=Uном* и *Mн=0*);

*Iном и Мном* - номинальный ток якоря и вращающий момент.

В формуле (11) приняты обозначения:

- электромеханическая постоянная времени

(14)



где *М0*- пусковой момент при номинальном напряжении *U=Uном*;

- постоянная времени якорной цепи (электромагнитная постоянная времени)

*Тя=.* (15)



Угол поворота двигателя может быть найден из формулы (11) интегрированием угловой скорости, что эквивалентно делению правой части (11) на оператор р:

*ϕ=.* (16)



Поскольку в рассматриваемой системе двигатель используется без редуктора, работая практически в заторможенном режиме с минимальными скоростями вращения, он превращается в датчик момента. Поэтому вращающий момент М может быть найден из уравнения (10), поскольку в установившемся режиме *М=Мн* , а *Ω→*0, то

*М=См⋅iя=* (17)



В установившемся режиме (при *р=*0) получаем зависимость

*М=k2⋅U* ,

где *k2=* - коэффициент передачи двигателя по моменту.



Получим передаточную функцию звена (из уравнения (17)):

W*дв* =*;*



где k *дв=* k2=5/1,5\*2=1.7 Н/мм,

Т *дв*= Т я=10-4 с,

W*дв* =



При питании цепи якоря двигателя от усилителя мощности с выходным сопротивлением *r*вых, в вышеприведенных формулах нужно везде вместо *r*я использовать сумму *(rя + rвых).*

Момент *М* на валу двигателя с помощью шкива преобразуется в пару сил, результирующая *F* которых действует на каретку, приводя ее в движение по направляющим. При этом, поскольку используется два двигателя

*F=*,(18)



где *r* – радиус шкива.

Движение каретки по координате х описывается уравнением:



где *μ* - коэффициент сил вязкого трения,

или в операторной форме:

*p⋅(T1 ⋅p + 1)⋅x = k⋅F,*

где *T1 = ;*



*k =* .



Получим передаточную функцию звена:

W*об* =*;*



где *k =* =с/г,



Т *об* = *T1 =* = =33 с,



W*об* =*.*



В процессе длительного считывания диска положение каретки регулируется таким образом, чтобы САРД работала в основном вблизи своего нейтрального (нулевого) положения. Для этого требуется сигнал положения, несущий информацию об отклонении головки от нулевого положения.При пружинной подвеске головки для получения сигнала положения каретки могут быть использованы низкочастотные составляющие сигнала, подаваемого на ЛЭД. Если головка подвешена свободно, то требуется отдельный датчик положения (датчик отклонения головки относительно каретки). В любом случае, этот сигнал после усиления и коррекции подается на электродвигатель, выдавая перемещение каретки в нужном направлении. Скорость изменения этого сигнала невелика, поэтому требуемая точность регулирования может быть получена при полосе регулирования в несколько Гц. На быстрые перемещения головки относительно каретки при работе САРД, САРРП в силу ограниченности полосы регулирования должна реагировать как можно меньше.Для реализации быстрого доступа при поиске информации используется так называемый режим перескока. В этом режиме каретка передвигается в необходимое место с помощью импульса перескока, который подается на вход усилителя мощности и далее на двигатели. В первой половине действия этого импульса каретка разгоняется с максимальным ускорением, а во второй – тормозится. Длительность импульса зависит от ускорения и длины перескока и определяется выражением *t=z*,



где *q* – расстояние между центрами дорожек;

*n* – число дорожек, на которое необходимо переместить каретку;

– ускорение, реализуемое применяемым двигателем.



Это перемещение осуществляется при разомкнутой обратной связи. Затем, с помощью датчика положения, измеряется остаточная ошибка положения каретки, и при необходимости каретка перемещается в заданное положение с помощью системы управления с обратной связью. Во время движения каретки головка остается в нейтральном положении (САРД не работает), а после остановки каретки САРД начинает выполнять свои функции по поиску дорожки. В результате и появляется управляющий сигнал для уточнения положения каретки для САРРП. Функциональная схема САРРП приведена на рис.16.

Диск

Импульс перескока

Головка считывания

Каретка

УП Двига-

Усилитель тель Х

мощности

Датчик положения

Корректи-

рующее Усилитель

устройство

Рис.16.Функциональная схема САРРП*.*

Устройство переключения УП в режиме перескока на вход усилителя мощности подает сигнал с устройства, формирующего импульс перескока, а в режиме регулирования – с датчика положения головки относительно каретки.

**Структурная схема САРРП**

g Uум F x

W*об*(S)

W*дв*(S)

Kум

Wку(S)

Kус

Kдп

Передаточная функция датчика положения имеет вид:

W*дп*(S) = kдп

Определим передаточную функцию разомкнутой системы:

W(S) = W*дп* (S) \* W*дв*(S) \* W*об*(S)

W(S) =



k1 = 8,5

T*дв*= 10-4

T*об*= 33

**Синтез САР**

При синтезе надо исходить из того, что объект регулирования – неизменная часть, а синтезу подлежат корректирующее устройство и регулятор – изменяемая часть системы.

Полученная выше система является неустойчивой. Поэтому необходимо произвести расчет корректирующего устройства, используя частотный метод синтеза, основанный на построении желаемой ЛАХ - Lж(S).

При формировании желаемой ЛАХ следует учитывать следующие рекомендации:

1) Вид низкочастотной области ЛАХ определяет главным образом точность работы САР. Среднечастотная область, прилегающего к частоте среза ωср,определяет в основном запас устойчивости, т.е. качество переходных процессов. Высокочастотная область лишь незначительно влияет на качество процессов управления.

2) Желаемая ЛАХ в возможно большем интервале частот должна совпадать с ЛАХ исходной нескорректированной системы *L*. В противном случае реализация КУ может существенно усложниться.

3) В низкочастотной области наклон желаемой ЛАХ должен составлять -20⋅ν дБ/дек, где ν - порядок астатизма. Желаемая ЛАХ на частоте ω =1 с-1 должна иметь ординату 20lg*k*, где *K* - общий коэффициент усиления разомкнутой системы (если ν =0, то на частоте ω=0).

4) Если задана допустимая ошибка εmax при гармоническом входном воздействии

*g*(*t*) =*g* max sin ωg*t*,

то желаемая ЛАХ должна располагаться выше контрольной точки Ak, имеющей на частоте ω*g*ординату



Процесс построения желаемой ЛАХ и корректирующего устройства в первом приближении имеет вид:

k2=120 => k u= k2/ k1=14.

В районе частоты среза cр наклон желаемой ЛАХ выбирается равным   
-20дб/дек, что позволяет обеспечить запас устойчивости. Чем больше протяженность участка с наклоном - 20 дб/дек, тем больше запас устойчивости, т.е. выше качество переходного процесса.

Фазовая характеристика в этой области частот имеет вид

.



Для того, чтобы обеспечить заданное качество запас устойчивости по фазе на частоте среза c должен составлять 30÷60°, а запас устойчивости по амплитуде, определяемый на частоте где ϕ(ω)=-180°, должен составлять 6÷10 дб. Это достигается, если постоянные времени удовлетворяют условиям



.



Исходя из рисунка:

ωо = 2 с-1;

По формулам выше:

τ = 0.85 с;

T = 0.1 с;

После построения желаемой ЛАХ определяется ЛАХ корректирующего устройства по формуле



По виду этой кривой можно определить передаточную функцию КУ. Для этого следует построить ассимптотическую ЛАХ КУ, а затем определить ее наклон на частотах ω→0, и точки перегиба. Наклон характеристики на частотах ω→0 в –20⋅ν дб/дек определяет сомножитель 1/sν в Wку(s). Перегиб ЛАХ на частоте ω=1/T на –20⋅ν дб/дек приводит к появлению членов 1/(Ts+1)ν в передаточной функции КУ, а перегиб ЛАХ на частоте ω=1/τ на –20⋅ν дб/дек к появлению членов (Ts+1)ν. Коэффициент передачи КУ определяется по значению ординаты ассимптотической ЛАХ КУ на частоте ω=1 с-1 (если ν =0, то на частоте ω=0).

В нашем случае:

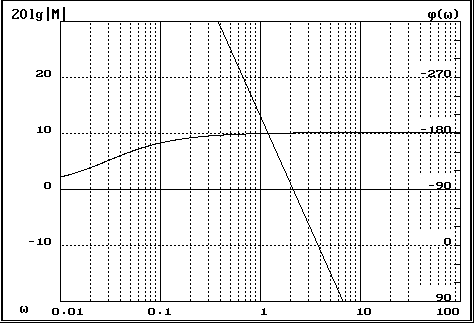
W*ку* =*.*



**Моделирование САР**

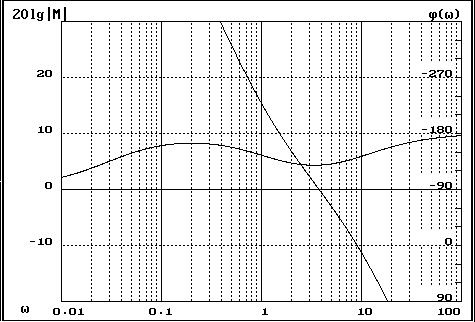
Для подтверждения расчетов и их коррекции в случае необходимости проведем моделирование САР с помощью пакета TAY\_1.

1. *Моделирование желаемой (нескорректированной) ЛАХ*

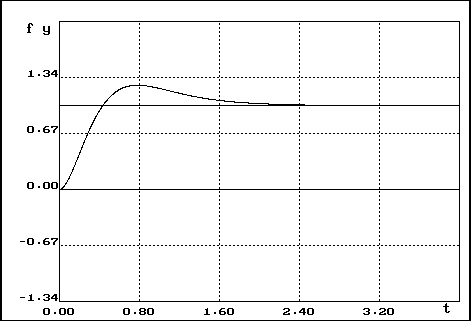


Вычисленное значение ω0 совпадает с реальным, поэтому расчеты Т и τ можно принять верными на данном этапе проектирования.

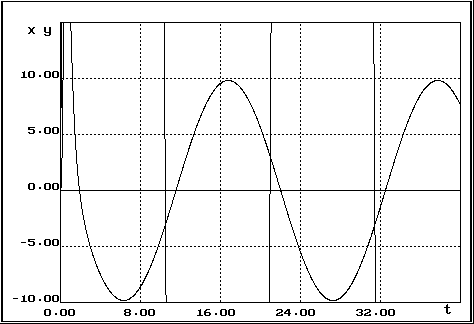
1. *Моделирование скорректированной ЛАХ*



Посмотрим, как реагирует система на вхдное воздействие вида: f = 1 (единичное воздействие):



Проверим реагирование на синусоидальное входное воздействие f = 500 Sin (0.3t):



Из рисунка видно,что система выполняет условие по точности, то есть ошибка не превышает величины 10 мкм.

Вывод: спроектированная САР удовлетволяет всем требованиям, поставленным в задании. Таким обрахом, синтез САР можно считать законченным.

**Библиографический список**

1. Сапаров В.Е., Максимов Н.А. Системы стандартов в электросвязи и радиоэлектронике. М.: Радио и связь, 1985. 248 с.

2. Микропроцессорные системы автоматического управления./Под ред. Бесекерского В.А. Л., Машиностроение, 1988.

3. Бесекерский В.А., Изранцев В.В. Системы автоматического управления с микроЭВМ. М., Наука, 1987.

4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М., Наука, 1975.

5. Теория автоматического управления./Под ред. Воронова А.А. М., Высшая школа, 1986, Т.1, 2.