**Практическое занятие 7**

**СИНТЕЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КУ МЕТОДОМ ЛЧХ.**

1. **Основные теоретические положения**
2. *В чем заключается сущность задачи синтеза?*

Сущность задачи синтеза в широком смысле заключается в таком выборе структурной схемы системы и её параметров и таком конструкторском решении, при которых обеспечиваются требуемые показатели качества, а сама АС состоит из наиболее простых устройств управления.

1. *Из каких элементов состоит АС?*

В любую АС обычно входят объект управления и два типа устройств управления. К первому типу устройств обычно относятся исполнительные устройства, усилитель мощности и измерительное устройство, которое практически невозможно изменять в процессе синтеза систем. Ко второму типу относятся корректирующее устройство и согласующий электронный усилитель, т.е. устройства, которые легко можно изменять в процессе синтеза.

АС можно разделить на две части:

Oбъект управления, исполнительное устройство, усилитель мощности и измерительное устройство – неизменяемая часть системы, и корректирующее устройство с согласующим усилителем – изменяемая часть системы.

Задачу синтеза АС обычно сводят к выбору лишь изменяемых устройств управления, а именно усилительных и корректирующих устройств. Эту задачу обычно называют задачей инженерного синтеза, которая впервые была поставлена и решена В.В.Солодовниковым на основе применения частотного метода с использованием ЛЧХ.

Итак, целью инженерного синтеза АС является определение структуры и параметров передаточной функции КУ, которые необходимо добавить к неизменяемой части системы, чтобы обеспечить требуемые показатели качества.

При синтезе КУ обычно предполагаются заданными объект управления, устройства управления неизменяемой части системы, а также показатели качества системы.

1. *Какие основные этапы инженерного синтеза АС ?*

Частотный метод синтеза с использованием ЛЧХ включает в себя следующие этапы:

1) Определение структуры и параметров передаточной функции *Wн(р)*

нескорректированной системы.

2) Определение передаточной функции желаемой системы *Wж(р),* удовлетворяющей поставленным выше требованиям.

3) Выбор типа КУ и его параметров.

4) Проверка полученного решения.

Одним из основных параметров системы является коэффициент усиления *К.* Он определяется допустимой установившейся ошибкой *Еуст*. Поэтому синтез желаемой АС обычно начинается с выбора системы (если он не задан в ТТТ).

Если  , *где Q(0) = B(0) = 1*,

то 

и для статической системы *ν = 0, S0=1/(1+K),* а для астатической *ν = 1, S1=1/K*.

В следствие этого установившаяся ошибка будет

 при *ν = 0* и  при *ν = 1*.

Тогда  при *ν = 0* и  при *ν = 1*.

где *x(t)* и - заданные максимальные величины входного сигнала и его производной.

При синтезе КУ с использованием ЛЧХ в качестве основной динамической характеристики желаемой АС используется ЛАЧХ разомкнутой системы, называемая желаемой ЛАХ.

Теоретической основой рекомендаций для построения *Lж(ω)* является связь ЛАХ разомкнутой системы с показателями качества замкнутой системы. С этой точки зрения можно выделить три области:

* область низких частот *Lнч(ω) 0 ≤ ω ≤ 0,1ωс*
* область средних частот *Lср(ω) 0,1ωс ≤ ω ≤ 10ωс*
* область высоких частот *Lвч(ω) 10ωс ≤ ω ≤ ∞.*

Параметры *Lнч(ω)* и особенно её первой асимптоты определяют точность АС в установившемся режиме, а именно ордината первой асимптоты при *ω= 1* определяет общий коэффициент усиления разомкнутой системы *К*, который и определяет *еуст(t)* при заданном *х(t).* Наклон первой асимптоты *α= -ν 20 дб/дк* определяет порядок астатизма системы по отношению к заданному воздействию.

Параметры *Lср(ω)* и особенно её средней части определяют такие показатели качества как *tp* и . Для типовых *L(ω)* (см. стенд) связь между их параметрами *ω1, ω2, ω3, μ* и показателями качества устанавливается номограммами Чесната-Майера. В общем случае отметим следующие связи:

а) система имеет хорошее качество управления (малое ) если наклон отрезка ЛАХ, принадлежащего частоте среза и имеющего верхнюю границу *ω3*, равен –20 дб/дк, а его длина не меньше одной декады, т.е.

*ω3/ω2 ≥ 10, ω3/ωc = (2…4);*

б) время регулирования обратно пропорционально частоте среза, т.е.

*tp≈ Kp/ωc, где Кр = 3…12*. (расчетный)

Параметры Lвч(ω) не имеют прямой связи с показателями качества и не влияют существенно на динамические свойства системы, а посему не нуждаются в коррекции.

При последовательном включении КУ передаточная функция прямого тракта (разомкнутой) желаемой АС будет иметь вид

*Wж(р) = Wку(р) Wн(р),* откуда 

Или

*Lку(ω) = Lж(ω) – Lн(ω).*

Данное соотношение и определяет условие простоты и реализуемости последовательного КУ, а именно:

а) последовательное КУ будет технически реализуемо, если наклон последней асимптоты *Lж(ω)* будет равен наклону последней асимптоты исходной системы *Lн(ω);* (порядок n тот же)

в) последовательное КУ тем проще, чем больше совпадений частот сопряжений *ωiж* и *ωiн* соответственно *Lж(ω) и Lн(ω).*

1. *Правила и порядок синтеза последовательного КУ ?*

1. Из ТТТ к точности АС определить требуемое значение К разомкнутой АС и необходимый порядок астатизма ν.

2. С учетом полученных *К* и *ν* построить *Lн(ω)* низкочастотная асимптота которой и будет определять первую (низкочастотную) асимптоту *Lж(ω).*

3. Построить среднечастотную асимптоту *Lж(ω).* При этом:

*– ωсж*, где *Кр≈К0⋅π* определяется по заданным в ТТТ значениям *tp* и  с помощью графика *ωсtp= f();*

– частота *ωсж*наносится на оси частот и через неё проводится среднечастотная асимптота с наклоном –20 дб/дк;

– с учетом условий

  определяются её допустимые границы.

4. Из условия обеспечения устойчивости замкнутой АС и простоты реализации КУ выполнить сопряжение низкочастотной и среднечастотной асимптот и построение высокочастотной асимптоты *Lж(ω).*

5. Графическим решением уравнения *Lку(ω) = Lж(ω) – Lн(ω)*

определить *Lку(ω).* По виду *Lку(ω)* определяется *Wку(ω).*

6. Рассчитать схему технической реализации КУ.

**Задача №1**

Структурная схема АС с последовательным КУ имеет вид:



**Определить** параметры и **рассчитать** схему технической реализации КУ, чтобы замкнутая АС имела следующие показатели качества:

**Решение:**

Неизменная часть синтезируемой АС представляет собой астатическую схему 1-го порядка, которая описывается дифференциальным уравнением 3-го порядка.

* 1. **Строим логарифмическую частотную характеристику неизменной части АС (*Lн(ω);ϕн(ω))*  и анализируем ее на соответствие требований показателей качества.**

***1.1. Lн(ω):***

Т.к. *К = 100*, то *L(1) = 20 lg 100 = 40, дб.*

Схема обладает астатизмом 1-го порядка (*ν = 1)*, т.к. по структурному признанию астатизма *Wн(р)* содержит одно интегрирующее звено, а следовательно наклон низкочастотной асимптоты *Lн(ω)* будет составлять –20 дб/дек.

Частоты управления апериодическими званьями неизменной части схемы находим через значения параметра Тi:





***1.2. ϕн(ω):***

Низкочастотная асимптота *ϕн(ω)* определяется интегрирующим звено и равна *-π/2*. Среднечастотная асимптота*ϕн(ω)* определяется апериодическим звеном и добавляет фазовый сдвиг еще на угол *-π/2*. Высокочастотная асимптота*ϕн(ω)* определяется вторым апериодическим звеном и добавляет фазовый сдвиг еще на угол *-π/2*. В итоге общий фазовый сдвиг составляет *-3π/2.*

Из анализа ЛАХ разомкнутой неизменной части АС следует, что *ωсн≈ ωπн,.*  Следовательно, неизменная замкнутая АС *неустойчива*.

При этом, если бы она была устойчива, то т.к. *ωсн* находится на участке с наклоном –40 дб/дек, то исходная не скорректированная АС обладала бы заведомо плохими показателями качества.

**2. Поскольку коэффициент усиления АС задан *К = 100*, определим необходимый порядок астатизма желаемой системы:**

– т.к. *е(t) = 0* при *x(t) = const,* то *ν = 1*, т.е. наклон первой асимптоты *Lж(ω)* должен быть –20 дк/дб.

.

Значение частот среза желаемой ЛАХ *ωсж* можно найти из графической зависимости с учетом коэффициента усиления времени регулирования *tp.*

**

Теперь в желаемой ЛАХ выполняется условие устойчивости замкнутой синтезируемой АС: *ωсж< ωπн.*

**3. Строим асимптотическую *Lж(ω)* и *ϕж(ω):***

*а)* *Низкочастотная асимптота Lж(ω) :*

т.к. коэффициент усиления и астатизм желаемой системы и исходной одинаковы, то низкочастотные асимптоты *Lн(ω)* и *Lж(ω)* должны совпадать.

*б)* *Среднечастотная асимптота Lж(ω):*

-определяем *ωс* по заданному * < 20%*

**

Учитывая ограничения tp< 0,5c, то выбираем *ωсж≥ 14с-1.*

***Примем*** ***ωсж = 20с-1*.**

* определяем допустимые границы рабочей области частот желаемой системы, т.е. выберем значения частот*ωзж*и *ω2ж* из условий достижения заданного запаса устойчивости по фазе:

*ω3 ≈ (2÷4) ωсж ;*

*ω3 ≈(2÷4)20≈40÷80, с-1.*

Из условия простоты реализации КУ ***выбираем*** ***ω3 = 50,с-1****.*

Левая граница среднечастотной асимптоты определяется из соотношения *ω2≤ω3/10.* Тогда  *ω2≤50/10 = 5,с-*1.

***Выбираем*** ***ω2 = 5с-1****.*

- через частоту *ωсж=20с-1* проводим среднечастотную асимптоту с наклоном –20 дб/дек. Левая и правая границы *ω2 = 5с-1, ω3 = 50,с-1.*

*в)* *Сопряжение среднечастотной асимптоты с низкочастотной асимптотой:*

Из условия обеспечения устойчивости замкнутой желаемой АС, *max* запаса устойчивости и простоты реализации КУ - сопрягаем среднечастотную и низкочастотную асимптоты с *min* наклоном прямой. ***Принимаем*** *-40дб/дек.*

*г)* *Высокочастотная асимптота:*

высокочастотная асимптота не оказывает существенного влияния на показатели качества АС, поэтому если не удается добиться точного совпадения высокочастотных *Lж(ω) с Lн(ω)* на частоте *ω3= 50с-1*, то ***её целесообразно провести параллельно*** *Lн(ω).*

*д) Построение ϕж(ω) будем выполнять по методике изложенной выше. Для простоты анализа воспользуемся линейной аппроксимацийϕж(ω).*

**4. Проверим соответствие синтезированной АС с ЛАХ разомкнутой системы *Lж(ω)* заданным показателям качества:**

Данная задача решается приближенно, с помощью номограмм Чесната-Майера и при положительном результате показатели качества синтезированной АС уточняются более точными методами.

Чтобы воспользоваться но мограммами, необходимо определить координаты входа в номограммы:

*μ1≈60 дб; γ = - 40; λ = - 60;  ;*

По данным координатам отыскиваем нужную номограмму и определяем *tp* и системы

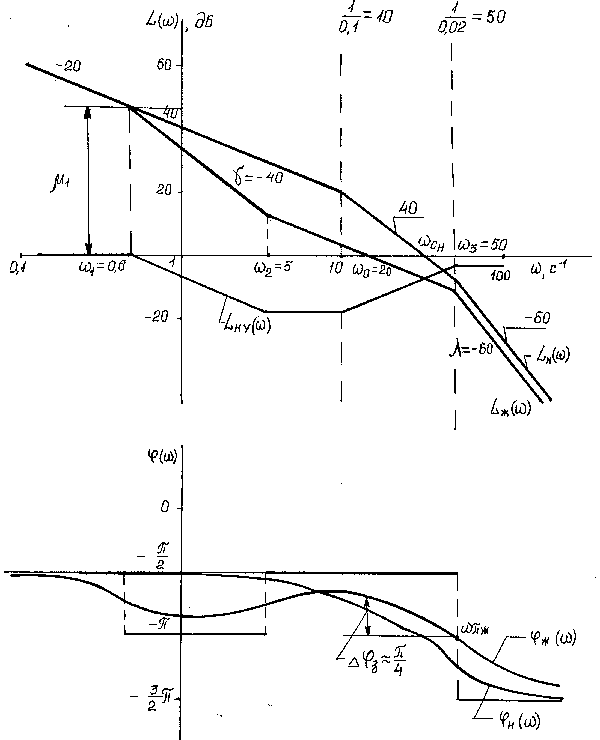


Рисунок 1 - ЛАХ синтезированной АС с последовательным КУ

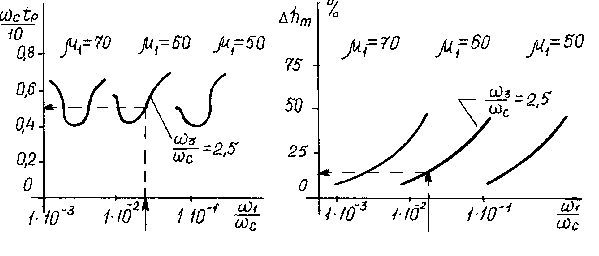


Рисунок 2 - Номограммы Чесната-Майера

  ≈ *15%;*

##### *Т.о. получили, что:*

*tp< tp зад.=0,5с*

*<=20%*

Т.е. синтезированная замкнутая АС по этим показателям качества удовлетворяет требованиям ТЗ на проектируемую систему.

Запас устойчивости по фазе определяем по *ϕж(ω)* на частоте *ωсж:*

* *

**5. Определим передаточную функцию КУ:**

Графическим решением уравнения

*Lку(ω) = Lж(ω) – Lн(ω)*

Определяем *Lку(ω) путем арифметического сложения значений наклонов ЛАХ области критических частот.* По виду *Lку(ω)* определим передаточную функцию КУ *Wку(p).* Амплитудно-частотная характеристика КУ имеет два форсирующих участка и два участка инерционных первых порядков, параметры которых находятся через критические частоты:

*Wку(p) K =1;*

В итоге передаточная функция КУ будет иметь вид:

*Wку(p)*

**6.Рассчитает схему технической реализации КУ:**

По виду *Lку(ω)* из ***таблицы типовых КУ*** (Приложение 1) выбираем соответствующие КУ, реализованное на *RC-* элементах:

R3

C1

#### *K = 1*

R1

R2

C2

y(t)

*T2 = R2⋅C2*

**

*T1T4=C1C2(R1R2+ R1R3+ R2R3)*

x(t)

*T1 +T4=(R1+R3)C1 (R1 +R2)C2*

Задаваясь номинальным (гостированным) значением одного из параметров, например, конденсатора *С2=100мкФ*, получим все остальные значения элементов схемы КУ:

*R2=*  *R1=13,2 кОм;* *С1=5 мкФ;* *R3=100 Ом*

Приложение 1

**Типовые схемы корректирующих устройств**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Cхема | W(jϖ) | ЛАХ и ФЧХ |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-EWVCJ9.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-DRskTa.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-56b75T.png |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-IF5_iT.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-VraqKM.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-j4lZfJ.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-nj60ei.png |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-g7i0_Z.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-Y0osGJ.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-h4QYiq.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-UChpqk.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-2qE_eN.png |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-MqjMKm.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-mlgbKR.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-h_2UMb.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-TJkQ7t.png |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-pZ7cjb.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-lrWCPN.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-LnLmnq.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-ZXaRJl.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-v2wiL0.png |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-rl0VuJ.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-rzGw4j.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-dfwGGP.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-nv4Cnm.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-IU4D32.png |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-nkpOba.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-onaZ8O.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-ksaUVT.pnghttp://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-xqQtDF.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-6xX0ir.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-ZWeRpW.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-TvBG37.png |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-phgX81.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-FLEGUt.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-oeoGcb.pnghttp://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-t3tJJt.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-HCKM4E.pnghttp://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-JPxN80.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-VSoOw9.png |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-3TmzqI.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-9iPd1D.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-xNHPlK.pnghttp://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-6Uy9mO.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-OWG8aX.pnghttp://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-dXXKLR.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-0m7Yc3.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-PB8zr6.png |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-57mcxV.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-aMa4g5.png  http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-Veg1Ol.png | http://www.studfiles.ru/html/2706/633/html_D74WR3utxT.LyAG/img-5CDrsd.png |