

Демонстрационен пример

Модул 6:

Времеви и честотни характеристики на САУ

Курс: Теория на Управлението 1

Автор: доц. д-р Александър Ищев



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”*

*Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз*

Инвестира във вашето бъдеще!



стр. 1 от 5

В този ресурс от Модул 6 е разгледан пример за построяване на:

- асимптотична ЛАЧХ и ЛФЧХ на отворена САУ по описания в презентацията алгоритъм
- точните ЛАЧХ и ЛФЧХ на същата система, чрез програмната система Matlab/Simulink

САУ

Разглежданата отворена система има предавателна функция

$$W(p) = \frac{1000(0.333p + 1)}{p(10p + 1)(0.0001p^2 + 0.01p + 1)}, \text{ която се представя като}$$

произведение от предавателни функции на пет типови звена:

1. Пропорционално - $W_1(p) = k = 1000$;
2. Интегриращо - $W_2(p) = \frac{1}{p}$;
3. Апериодично - $W_3(p) = \frac{1}{T_3p + 1}$, $T_3 = 10 \text{ s}$;
4. Идеално форсиращо - $W_4(p) = T_4p + 1$, $T_4 = 0.333 \text{ s}$;
5. Колебателно - $W_5(p) = \frac{1}{T_5^2 p^2 + 2\xi T_5 p + 1}$, $T_5 = 0.01 \text{ s}$, $\xi = 0.5$.

Етапи при построяване на асимптотична ЛАЧХ

1. Определяме една точка ($\omega = 1$; $L = 20 \lg k$) на нискочестотната асимптота на ЛАЧХ по коефициента на пропорционалност на отворената система (предавателната функция на първото звено): $20 \lg 1000 = 60[\text{dB}]$;

2. Построяваме нискочестотната асимптота на ЛАЧХ. Тя е права линия - сума от ЛАЧХ на пропорционалното и на интегриращото звена (показани с пунктир на фиг. 6.1, преминава през изчислената по-горе точка и има наклон $-20 \frac{\text{dB}}{\text{dec}}$ (наклона на единственото в разглеждания пример интегриращо звено),

3. Изчисляват се спрягащите честоти $\omega_i = \frac{1}{T_i}$ (на звената които имат такива):

$$\omega_3 = \frac{1}{T_3} = 0.1 \text{ s}^{-1}; \quad \omega_4 = \frac{1}{T_4} = 3 \text{ s}^{-1}; \quad \omega_5 = \frac{1}{T_5} = 100 \text{ s}^{-1}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

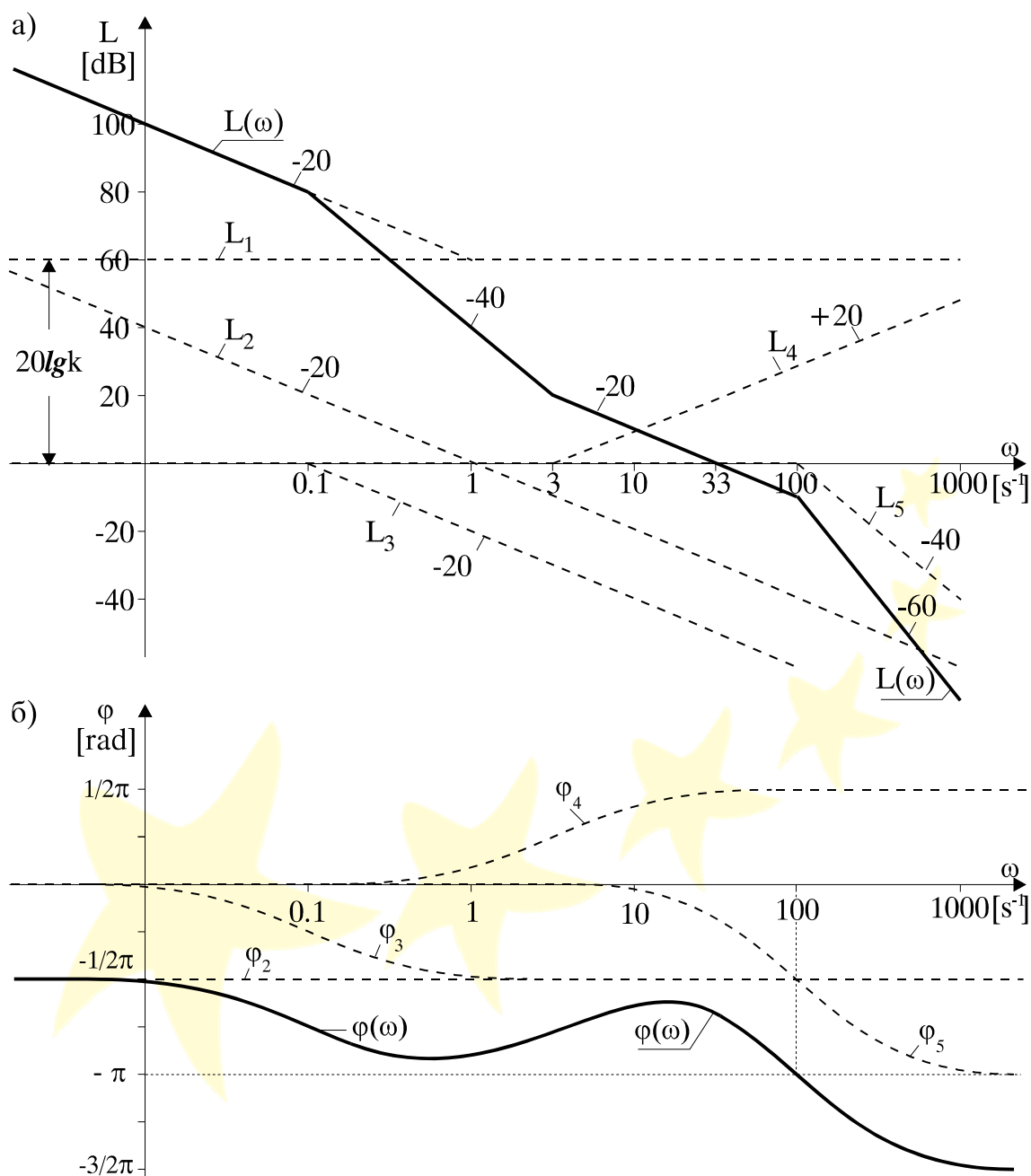
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

Инвестира във вашето бъдеще!



стр. 2 от 5



Логаритмични характеристики

4. Първата част от асимптотичната ЛАЧХ съвпада с нискочестотната асимптота до първата (най-малката) спрягаща честота $\omega_3 = 0.1s^{-1}$ (показана е с плътна линия на фиг. 6.1).
4. Втората асимптота (фиг. 6.2) се прекарва от края на първата до следващата спрягаща честота $\omega_4 = 3s^{-1}$. Наклонът на ЛАЧХ се променя с $(-20 \frac{dB}{dec})$, защото спрягащата честота $\omega_3 = 0.1s^{-1}$ отговаря на аperiодично звено.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

5. Третата асимптота (фиг. 6.3) се прекарва от края на втората до следващата спрягаща честота $\omega_3 = 100s^{-1}$. Наклонът на ЛАЧХ се променя с $(+ 20 \frac{dB}{dec})$, защото спрягащата честота $\omega_4 = 3s^{-1}$ отговаря на идеално форсиращо звено от I^{ви} ред.

6. След спрягащата честота $\omega_5 = 100s^{-1}$ наклонът на ЛАЧХ се променя (фиг. 6.4) с $(- 40 \frac{dB}{dec})$, защото тази спрягаща честота отговаря на колебателно звено. Тъй като $\omega_5 = 100s^{-1}$ е последната спрягаща честота в този пример, то наклонът на ЛАЧХ повече няма да се променя (това е нейната високочестотна асимптота).

ЛФЧХ

ЛФЧХ е по-рядко използвана характеристика от ЛАЧХ (използва се главно в критерия на Боде, докато ЛАЧХ се използва още и за оценка на качеството и при синтеза и на САУ). За разглежданата в този пример система $\Phi(\omega)$ е показана на фиг.6.5. Тя е построена чрез сумиране на ЛФЧХ на отделните звена ($\varphi_1 = 0$, а φ_2 , φ_3 , φ_4 и φ_5 са показани с пунктир на същата фигура). Построяването на ЛФЧХ по този начин („на ръка“) изисква повече време от това на ЛАЧХ. и, когато тя е необходима, предпочитат да използват за целта компютър.

Построяване на ЛАЧХ и ЛФЧХ чрез Matlab

```
num=1000*[0.333 1];  
den=conv([10 1 0],[0.0001 0.01 1])  
sys=tf(num,den)  
bode(sys)
```



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

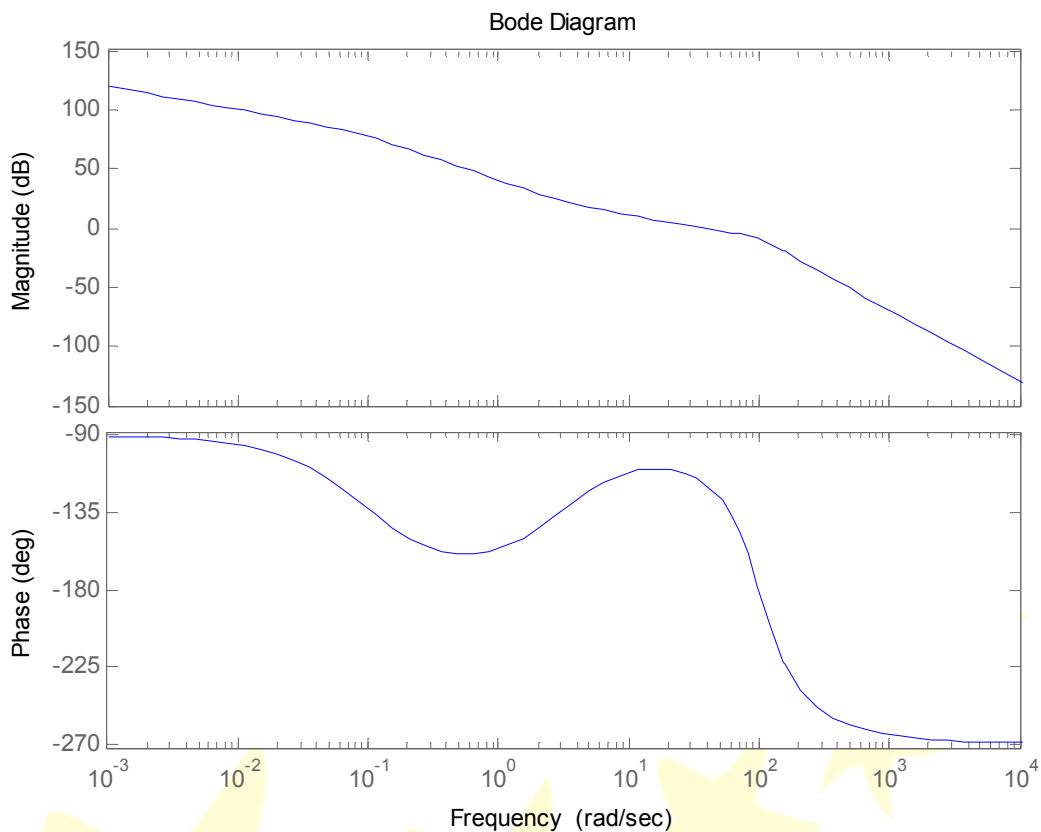
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

Инвестира във вашето бъдеще!



стр. 4 от 5



Точната ЛАЧХ (фиг. 6.6-а) се различава незначително от асимптотичната. Разликите между тях са относително най-големи при спрягащите - при $\omega_3 = 0.1 \text{ s}^{-1}$ точната минава с 3 dB под асимптотичната, а при $\omega_4 = 3 \text{ s}^{-1}$ - с 3 dB над нея. При $\omega_5 = 100 \text{ s}^{-1}$ разликата между тях (при коефициент на затихване $\xi = 0.5$) е още по-малка.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 5 от 5