

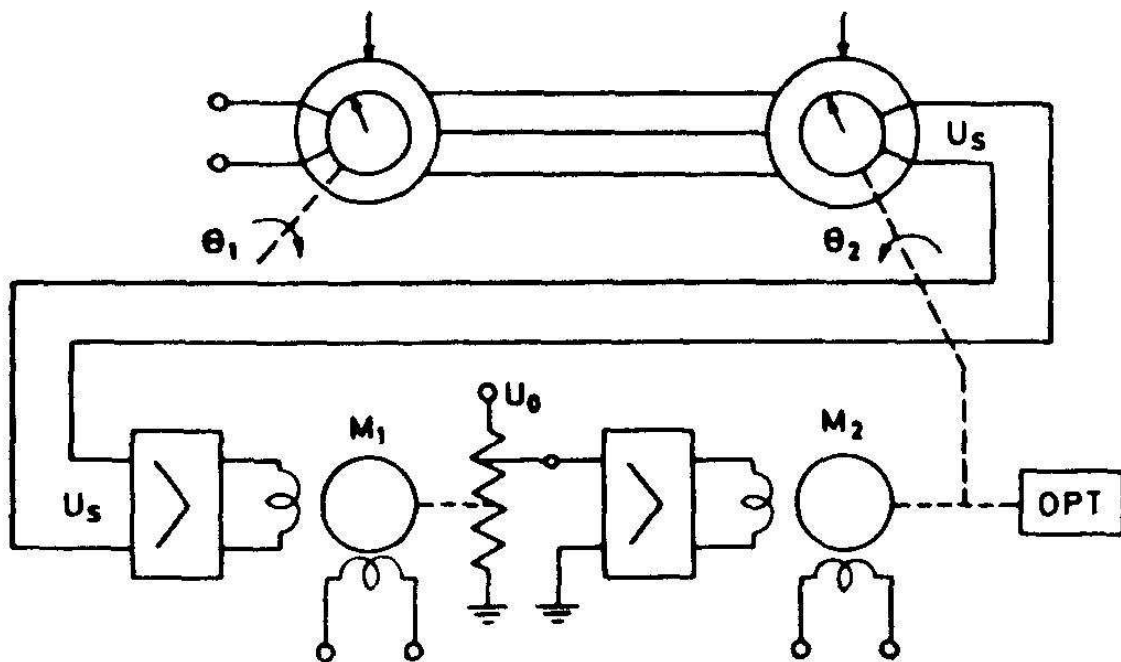
## Диференцијален компензатор

Функцијата на пренос на ДК е зададена со:

$$G_d = \frac{s+a}{s+b} = \frac{a}{b} \frac{1+\frac{s}{a}}{1+\frac{s}{b}}$$

Каде нулата  $-a$  е по апсолутна вредност помала од полот  $p = -b$ , ( $|a| < |b|$ ).

Задача (купус, страна 363): Во оваа задача ќе ја илустрираме примената на ДК во случај на систем со астатизам од втор ред, во однос на влезниот сигнал. Структурната шема на еден таков систем е прикажана на следната слика.



Слика 1 Селсински позиционен сервомеханизам со астатизам од втор ред

Астатизам: својството на управувачот да при константен влез во стационарна состојба, да му се менува излезот

Системите со астатизам од втор ред во однос на влезниот сигнал ја имаат таа особина да сигналот на грешка во стационарен режим е еднаков на нула при константен влез или кога влезот се менува со константна брзина. Ако е системот стабилен, тој ќе ја поседува оваа особина. Системот работи на следниот начин. Напонот на сигналот на грешка  $U_s$  се доведува во првиот засилувач, кој го напојува наизменичниот двофазен сервомотор  $M_1$ . Овој мотор, ја врти осовината на потенциометарот, од чиј лизгач, напонот се носи на влез на другиот засилувач. Излезот на

вториот засилувач е приклучен на краевите на контролната фаза на извршниот сервомотор  $M_2$ . Функцијата на пренос на првиот сервомотор е  $\frac{K_{M1}}{s}$ , додека функцијата на пренос на извршниот серво мотор нека е  $\frac{K_{M1}}{s} (1 + 0,125s)$ . Коефициентот на осетливост на трансформаторската врска на селсината, засилувањето на првиот засилувач, факторот на пренос на потенциометарот и засилувањето на вториот засилувач се константни и се дадени со:  $K_s, K_1, K_p, K_2$ . Ако е системот стабилен, при константна брзина на вртење на влезната осовина, грешката во стационарен режим  $\theta(\infty) = \theta_1(\infty) - \theta_2(\infty)$  ќе биде еднаква на нула. Тогаш осовината на првиот мотор не се врти, т.е. напонот на лизгачкиот потенциометар е константен. Ако се зголеми, овој напон го побудува другиот сервомотор, кој го движи оптоварувањето и роторот на приемната селсина и тоа со иста аголна брзина со која се врти осовината на првата селсина. При тоа, за да сигналот на грешка  $U_s(\infty)$  е еднаков на нула, разликата на аголите позиции на предајната и приемната осовина мора да е нула. Во моментот на промена на брзината на вртење на предајната осовина, настанува стабилен преоден процес во тек на кој, првиот мотор го поставува лизгачот на потенциометарот во положба која одговара на новиот стационарен режим.

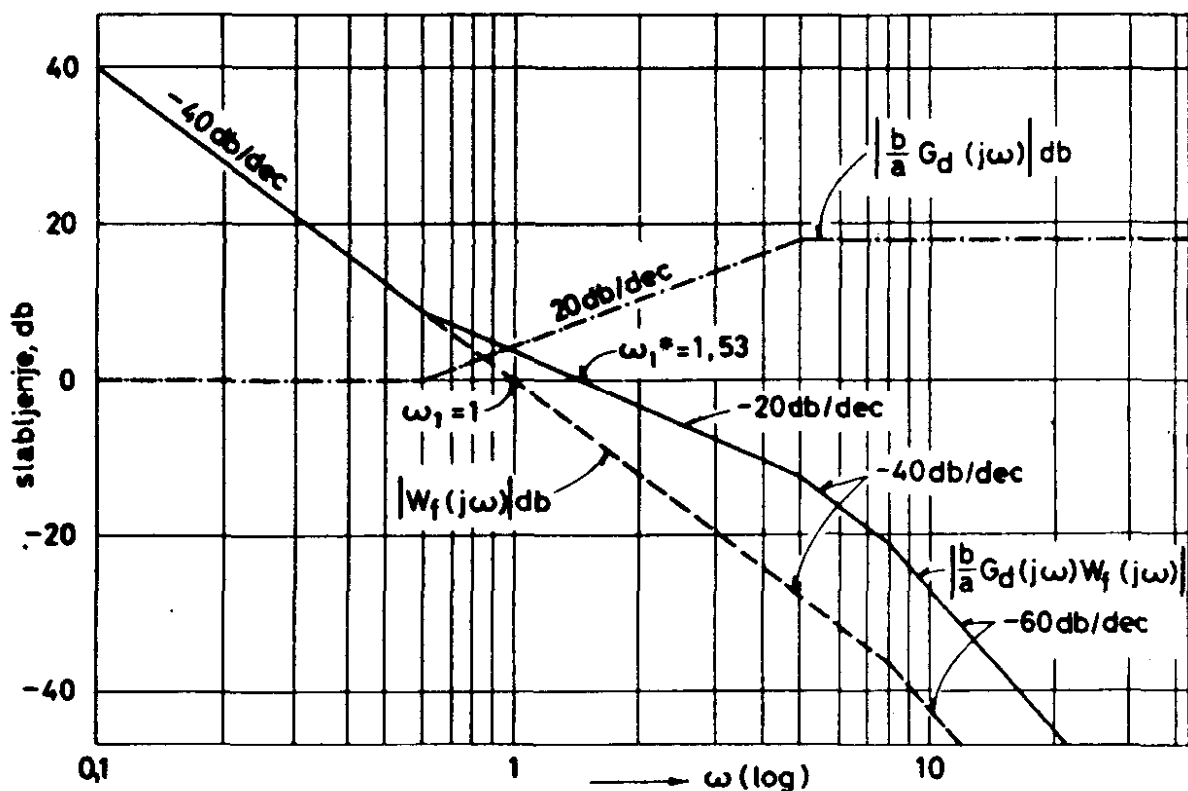
Преносната функцијата на повратна врска на системот има облик:

$$W_f = \frac{K_s K_1 K_p K_{M1} K_2 K_{M2}}{s^2 (1 + 0,125s)}$$

Се бара: константата на забрзување  $K_a = K_s K_1 K_p K_{M1} K_2 K_{M2} = 1 \text{sec}^{-2}$ ,  $\phi_{pf} = 40^\circ \pm 3^\circ$  и  $\omega_1 \geq 1 \text{rad/sec}$ . Ако факторите на засилување се одберат така да биде исполнето првото барање, фреквентната преносна функција на системот ќе има облик

$$W_f(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2 (1 + 0,125j\omega)}$$

За оваа функција, конструиран е асимптотскиот  $\log$  дијаграм на слабеење, даден на следната слика.



Слика 2 Илустрација на синтеза на диференцијален компензатор во систем со астатизам од втор ред

Се гледа дека  $\omega_1 = 1 \text{ rad/sec}$  па претекот на фазата е  $\phi_{pf} = 180^\circ + \arg W_f(j1) = -\arctg(0,125) = -7,1^\circ$ , што значи дека некомпензириот систем е нестабилен. Потребната поправка на фазата е  $40^\circ \pm 7,1^\circ = 47,1^\circ$ . Нека усвоиме диференцијален компензатор чиј што однос е  $\frac{a}{b}$  е еднаков на 0,12. Од  $\phi_{max} = \left(90 - 2\arctg \sqrt{\frac{a}{b}}\right)$  степени, следи дека  $\phi_{max} = 51,6^\circ$ . Бираме  $a=0,6$ . Па преносната функција на компензаторот и засилувачот на компензација на слабењето на компензаторот при ниска фреквенција е

$$G_c = \left[ \frac{b}{a} G_d(s) \right] = \frac{1 + \frac{s}{0.6}}{1 + \frac{s}{5}}$$

Со суперпозиција на дијаграмот на слабење на компензаторот  $\left| \frac{b}{a} G_d(j\omega) \right|_{db}$  и некомпензириот систем  $|W_f(j\omega)|_{db}$  се добива дијаграмот на слабење на компензириот систем. Компензириот систем има преносна функција на затворена врска

$$W(s) = \left[ \frac{b}{a} G_d(s) W_j(s) \right] = \frac{1 + \frac{s}{0.6}}{s^2 \left( 1 + \frac{s}{5} \right) \left( 1 + \frac{s}{8} \right)}$$

Новата фреквенција на засилување е  $\omega_1^* = 1,53 \text{ rad/sec}$  а претекот на фаза на компензираниот систем е

$$\phi_{pf} = 180^\circ + \left[ \frac{b}{a} G_d \left( \frac{j1,53}{5} \right) W \left( \frac{j1,53}{5} \right) \right] = \text{arctg} \left( \frac{1,53}{0,6} \right) - \text{arctg} \left( \frac{1,53}{5} \right) - \text{arctg} \left( \frac{1,53}{8} \right) = 40,6^\circ$$

Покрај тоа, останатите константи се:  $K_a = 1 \text{ sec}^{-2}$ ,  $\omega_1^* = 1,53 > 1$ , па компензираниот систем ги задоволува сите поставени барања.

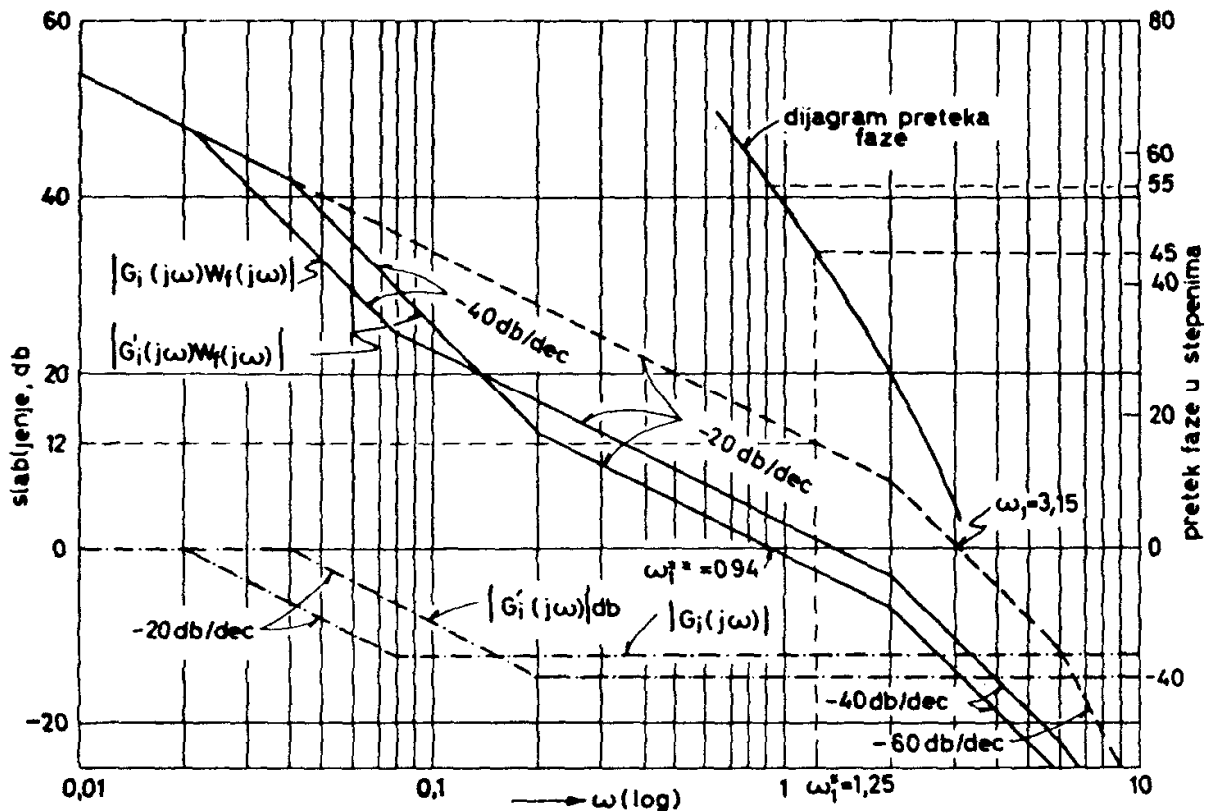
## Интегрален компензатор

Овој компензатор има функција на пренос зададена со

$$G_i(s) = \frac{as + b}{bs + a} = \frac{1 + \frac{s}{b}}{1 + \frac{s}{a}}$$

каде нулата  $z=-b$  по апсолутна вредност е поголема од полот  $p=-a$  ( $b>a$ ).

Општата постапка на синтеза на интегрален компензатор, ќе ја изведеме на еден пример. Нека се бара синтеза на серво систем со астатизам од прв ред во кој константата на брзината Треба да има вредност  $K_v = 5 \text{sec}^{-1}$ . Понатаму се бара да преодниот процес биде окарактеризиран со претек на фазата од  $45^\circ$  и просечна фреквенција на засилувањето не поголема од  $1,5 \text{rad/sec}$ .



Слика 3 Илустрација на постапката за синтеза на интегралниот критериум

Нека претпоставиме дека преносната функцијата на не компензирианиот систем е:

$$W_f(s) = \frac{K_v}{s \left(1 + \frac{s}{2}\right) \left(1 + \frac{s}{6}\right)}$$

Ако факторите на засилување на функцијата на пренос на фиксните компоненти на системот се усвојат така да биде исполнето првото барање ( $K_v = 5 \text{sec}^{-1}$ ), тогаш фреквентната функција на повратниот пренос ќе биде:

$$W_f(j\omega) = \frac{5}{j\omega \left(1 + \frac{j\omega}{2}\right) \left(1 + \frac{j\omega}{6}\right)}$$

Асимптотскиот  $\log$  дијаграм на слабење на последната равенка е прикажан со испрекинати линии на сликата (8.28). Дијаграмот ја сече  $\log \omega$  оската за  $\omega_1 = 3,15 \text{ rad/sec}$ , па претекот на фазата на не компензираниот систем еднаква на

$$\phi_{pf} = 180^\circ + \arg W_f(j3,15) = +4,7^\circ.$$

Бидејќи претекот на фазата е позитивен, не компензираниот систем е стабилен. Но претекот на стабилност е мал, што значи дека овој систем има изразито осцилаторен преоден процес со голем прескок и време на смирување. Постојат повеќе постапки да се изврши компензација на системот со помош на интегралниот критериум. Овде ќе се изложат две, од кои секоја директно води кон исполнување на поставените барања и тоа без оглед на редот на системите кој се компензира. Во суштина двете постапки се во основа исти, со таа разлика што вториот води сметка и за тоа да вредноста на параметрите на добиениот компензатор бидат погодни за физичка реализација.

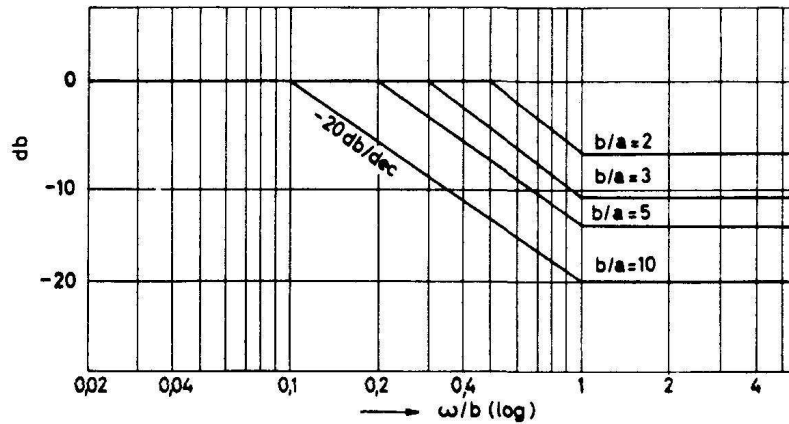
Во **прва постапка** треба да се направат следните четири чекори:

1. Се конструира асимптотски  $\log$  дијаграм на слабење на не компензираниот систем, кај кој факторот на засилување на преносната функција подесен така да овој систем го исполнува првиот услов, во однос на големината на саканата константната грешка. Потоа за овој систем се конструира и дијаграмот за претек на фазата и тоа во опсег на фреквенција која се наоѓа во околината на пресечната фреквенција на прекршување на засилување на не компензираниот систем. Во случајот на посматраниот систем, овој дијаграм се конструира со помош на равенката:

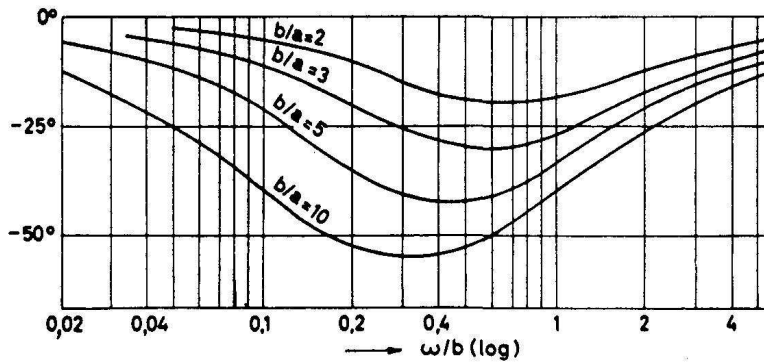
$$\phi_{pf}(\omega) = 180^\circ + \arg W_f(j\omega) = 90^\circ - \text{arctg} \left( \frac{\omega}{2} \right) - \text{arctg} \left( \frac{\omega}{6} \right).$$

2. На кривата на претек на фазата се фиксира точка на која одговара претек на фазата еднаков на барањата. Во пресекот на нормалата од оваа точка на оската  $\log \omega$  и оската  $\log \omega$  се отчитува пресечната фреквенција на засилување  $\omega_1^*$  на компензираниот систем. Ако компензираниот систем ја има оваа пресечната фреквенција на засилување, тогаш неговиот претек на фаза ќе биде еднаков на бараниот, под услов да по внесување на компензаторот, дијаграмите на претек на фазата на не компензираниот и компензираниот систем се поклопуваат и тоа во опсег на фреквенција блиска на  $\omega_1^*$ . Овој услов ќе биде исполнет ако применетиот компензатор е од интегрален тип и ако неговата горна фреквенција на прекршување навистина пониска од  $\omega_1^*$ . Имено, од сликата (8.27) се гледа дека при фреквенции кои се забележително поголеми од горната фреквенција на

прекршување  $\omega = b$  на интегралниот компензатор, фазниот агол на овој компензатор е занемарливо мал.



Слика 4 Log дијаграм на слабење на интегрален компензатор (8.27 а)



Слика 5 Log дијаграм на фаза на интегралниот критериум (8.27 б)

3. Се бира горната преломна фреквенција на прекршување на компензаторот за 4 октави пониско од пресечната фреквенција на прекршување  $\omega_1^*$  на компензираниот систем. Врз основа на сликата (8.27) и равенката

$$\phi(\omega) = \arctg\left(\frac{\omega}{b}\right) - \arctg\left(\frac{\omega}{a}\right)$$

Може да се види дека фазниот агол на интегралниот компензатор ќе биде практично занемарлив при фреквенции кои се за 4 октави поголеми од горната фреквенција на прекршување на компензаторот  $\omega = b$ . Да потсетиме дека за „октава пониска фреквенција“ значи два пати пониска по ниска фреквенција, за две октави – четири пати-,

за три октави – осум пати, итн. Со други зборови, ако на пример некоја фреквенција е  $\omega_n$  е за  $n$  октави пониска од  $\omega_b$ , тогаш важи релацијата  $\omega_a = \omega_b / (2)^n$ . Sprema тоа, бидејќи во посматраниот пример просечната фреквенција на засилување на компензираниот систем  $\omega_1^* = 1,25 \text{ rad/sec}$ , за горната фреквенција на прекршување на компензаторот треба да се усвои

$$b = \frac{1,25}{(2)^4} = 0,078 \text{ rad/sec}$$

4. Се усвојува слабење на интегралниот композитор така да  $\log$  дијаграм на слабење на компензираниот систем ја пресече оската  $\log \omega$  во точката која одговара на  $\omega = \omega_1^*$ . Потребното слабење на интегралниот компензатор во db се исчитува како негативна вредност на ординатата на  $\log$  дијаграмот на слабење на не компензираниот систем за фреквенција  $\omega_1^*$  на апцисната оска. Од сликата се гледа дека потребното слабење на компензаторот  $(a/b)_{db}$  е еднакво на -12 db, па

$$20 \log \left( \frac{a}{b} \right) = -12, \text{ односно } \frac{b}{a} = 4$$

одкаде добиваме

$$a = \frac{b}{4} = \frac{0,078}{4} = 0,0195 \text{ rad/sec}$$

Или усвојуваме дека  $a=0,02 \text{ rad/sec}$ .

Преносната функција на компензаторот има облик

$$G_i(s) = \frac{1 + \frac{s}{b}}{1 + \frac{s}{a}} = \frac{1 + \frac{s}{0,078}}{1 + \frac{s}{0,02}} = \frac{1 + 12,8s}{1 + 50s}$$

А функцијата на пренос на компензираниот систем е

$$W(s) = G_i(s)W_f(s) = \frac{5 \left( 1 + \frac{s}{0,078} \right)}{s \left( 1 + \frac{s}{0,02} \right) \left( 1 + \frac{s}{2} \right) \left( 1 + \frac{s}{6} \right)}$$

На сликата (8.28) се конструирани  $\log$  дијаграми на слабење на компензаторот и на компензираниот систем. Се гледа дека компензираниот систем ги исполнува поставените барања:  $K_v = 5 \text{ sec}^{-1}$ ,  $\phi_{pf} = 45^\circ$  и  $\omega_1^* < 1,5$ .

Недостаток на изложената постапка е во тоа што неговата примена во поголемиот број на системи има за резултат интегрален компензатор со многу големи временски константи. Од равенката за  $G_i$  се гледа дека во илустрираниот пример за синтеза добиениот компензатор има временски константи кои се  $T_1 = \frac{1}{b} = 12,8 \text{ sec}$ , и  $T_2 = \frac{1}{a} = 50 \text{ sec}$ . Ако овој компензатор сакаме да го реализираме со RC коло, тогаш параметрите за R1, R2 и C мораат да имаат многу големи вредности, кои многу тешко може да се реализираат. Очигледно дека вака големи вредности за  $T_1$



и  $T_2$  се добиени затоа што горната фреквенција на прекршување на компензаторот е усвоена многу ниско. Заради тоа, често се применува постапката на синтеза, која доведува до помали вредности на временските константи на интегралниот компензатор. Таа постапка е во основа иста како и изложената. Разликата е во тоа што се дозволува да при пресечната фреквенција на компензираниот систем, компензаторот да внесува незанемарливо фазно пореметување.

Оваа постапка на синтеза може да се изврши во следните пет чекори: