

Интегрален компензатор (втор начин)

Овој компензатор има функција на пренос зададена со

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

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

Недостаток на првата постапка е во тоа што неговата примена во поголемиот број на системи има за резултат интегрален компензатор со многу големи временски константи. 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 првата постапка. Разликата е во тоа што се дозволува да при пресечната фреквенција на компензираниот систем, компензаторот да внесува незанемарливо фазно поместување.

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

1. Како и во првата постапка, и овде прво се конструираат асимптотскиот логаритамски дијаграм на слабеење и дијаграмот на резерва на фазата на **не** компензираниот систем.
2. Се бира пресечната фреквенција на засилување на компензираниот систем, на која и одговара бараната резерва на фазата плус некое мало фазно поместување, за кое се претпоставува дека ќе компензира исто такво негативно фазно поместување, кој ќе биде внесен со интегралниот компензатор. За почеток, ова поместување се усвојува да биде 10° . Во нашиот пример, пресечната фреквенција на засилување на **компензираниот** систем ω_1^{**} се добива како засилување на кое на дијаграмот на резерва на фазата одговара $45^\circ + 10^\circ = 55^\circ$. На тој начин, од сликата читаме дека $\omega_1^{**} = 0,94 \frac{rad}{sec}$.
3. Горната фреквенција на прекршување на интегралниот компензатор се усвојува да биде за 4 октави пониска од пресечната фреквенција на засилување на **некомпензираниот** систем. Ваквиот начин на избор, сигурно доведува до помали вредности на временските константи на компензаторот, затоа што пресечната фреквенција на засилување на **некомпензираниот** систем е секогаш поголема од пресечната фреквенција на засилување на компензираниот систем добиен после примената на интегралниот компензатор.

Во посматраниот пример:

$$b = \frac{\omega_1}{16} = \frac{3,15}{16} = 0,195 \text{ (усвојваме } 0,2\text{)}.$$

4. Слабењето на интегралниот компензатор во db се одбира да биде еднакво на негативната вредност на ординатата на log дијаграм на слабеење на **некомпензираниот** систем, при фреквенција од $\omega = \omega_1^{**}$. Од сликата 1 може да се види дека вредноста на таа ордината е приближно еднаква на 14,5 db, па следува

$$20 \lg\left(\frac{a}{b}\right) = -14,5db,$$

од каде добиваме $b/a=5,31$ (заокружуваме $b/a=5$). Така имаме

$$a = \frac{b}{5} = \frac{0,2}{5} = 0,04 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

Значи преносната функција на компензаторот изнесува

$$G_i = \frac{1 + \frac{s}{0,2}}{1 + \frac{s}{0,04}} = \frac{1 + 5s}{1 + 25s}$$

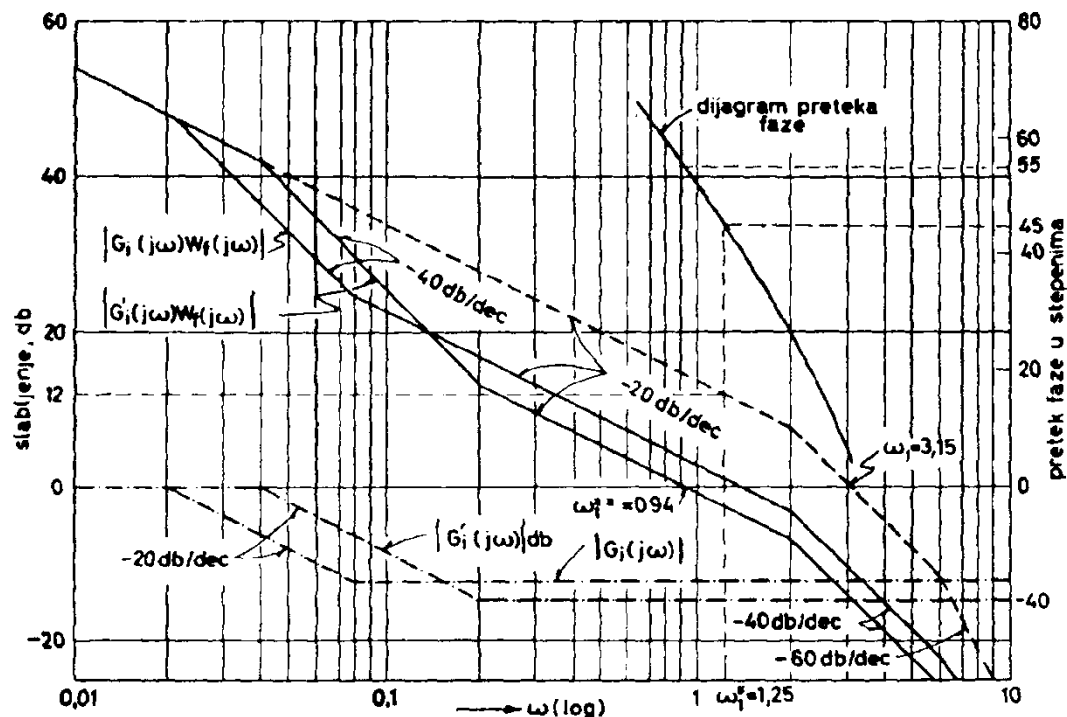
Се гледа дека временските константи на овој компензатор се помали од временските константи во функцијата на пренос дадена со првата постапка:

$$G_i = \frac{1 + 12,8s}{1 + 50s}$$

5. Се проверува дали навистина негативното фазно поместување на добиениот компензатор за фреквенција ω_1^{**} еднакво на -10° (што беше претпоставка под 2). За G_i пресметуваме $G_i(j0,94) = \text{arctg}5(0,95) - \text{arctg}25(0,95) = -9,6^\circ$.

Оваа вредност е блиска до -10° , што заедно со $K_v = 5(\text{s}^{-1})$ и $\omega_1^{**} = 0,94 < 1,5$ значи дека и вака компензираниот систем ги исполнува сите поставени барања.

На сликите подолу конструирани се log дијаграми на слабеење на компензаторот и компензираниот систем, добиени и по втората постапка за синтеза.



Слика 1 Илустрација на постапката за синтеза на интегралниот критериум

Диференцијално - Интегрален компензатор

Со помош на примена на диференцијален компензатор може да се постигне саканата резерва (претек) на стабилност. Покрај тоа, внесувањето на овој компензатор во системот има за последица на зголемување на пропусниот опсег. Во однос на брзината на реагирање на ваквиот систем, големиот пропусен опсег претставува сакана карактеристика. Имено, колку е помал поголем пропусниот опсег, толку се помали времињата на каснење, успон и смирување. Но во САУ големиот пропусен опсег не е секогаш сакан и тоа поради повеќе причини. Пред се, диференцијалниот компензатор, како што знаеми, ги ослабува спрпроменливите сигнали, додека без слабење ги пропушта сигналите чија брзина на промена е голема. Ако при тоа земеме дека при синтеза на диференцијален компензатор мора да се воведат дополнително засилување за компензација на слабењето на компензаторот при ниски фреквенции, произлегува дека така синтетизираните елементи на управување, составен од споменатиот додатен засилувач и диференцијален компензатор, ќе ги засилуваат брзопроменливите сигнали. Излезот на овој елемент на управување е приклучен на влез на други компоненти од системот – на пример на засилувач и на објектот на управување. Овие компоненти не се секогаш во состојба да ги пратат брзите промени и уште повеќе големиот управувачки сигнал на излезот на елементот на управување. Уште повеќе, при такви сигнали на побудувањето брзо влегуваат во засилување што се однесува на извршниот орган на управување, кој е обично елемент од електромеханички тип. Со други зборови, во систем кој е компензиран само со диференцијален компензатор, се случува да извесен број на компоненти да престанат да работат во линеарен режим. Во тој случај, динамичкото однесување на компензираните системи, нема да е во склад со очекуваните резултати на синтеза, која има за претпоставка линеарен модел на системите. Со тоа, по внесувањето на диференцијален компензатор треба да се провери дали динамичкото однесување на останатите компоненти на системот и понатаму поседуваат линеарен карактер. Многу големиот пропусен опсег не е погоден и заради осетливоста на системите на дејство на шуми надворешни нарушувања, кои обично припаѓаат во доменот на високи фреквенции.

Примената на интегралниот компензатор, од своја страна, често има за резултат многу мал пропусен опсег, на компензираните системи. Таквите системи се малку осетливи на дејството на шум и нарушувања, но затоа се спори, т.е. времето на успон и смирување им се недоволно големи. Покрај тоа, и двете опишани постапки на синтеза доведуваат до појава на големи големи временски константи во преносната функција на интегралниот компензатор, што претставува посебен проблем при физичката реализација на компензаторите. Постојат и случаи во кои само со интегрален компензатор не може да се постигне бараната резерва на стабилност. Н. Тоа е случај кај сите системи кај кои дијаграмот на резерва на фазата, за ниедна фреквенција не достигнува вредност еднаква на бараната резерва на фаза.

Овие недостатоци на синтеза на системите со само диференцијален или интегрален компензатор може да се елиминираат со истовремено внесување на овие компоненти во системот. Функцијата на пренос на наједноставниот диференцијално – интегрален компензатор има облик

$$G_{gi}(s) = \frac{(s + a_1)(s + b_2)}{(s + b_1)(s + a_2)}$$

каде $b_1 > a_1 > b_2 > a_2$.

Синтезата на диференцијално – интегрален компензатор се врши така што прво се определуваат параметрите на диференцијалниот, а потоа на интегралниот дел на компензаторот. Таа синтеза ќе ја илустрираме на пример на систем чија фреквентна преносна функција со повратна врска е дадена со

$$W_f(j\omega) = \frac{20}{j\omega \left(1 + \frac{j\omega}{2}\right) \left(1 + \frac{j\omega}{6}\right)}$$

Прво барање во овој систем е да брзинската константа $K + v = 20s^{-1}$, бидејќи исполнета со внесувањето на потребното засилување. Како и претходно, се бара да резервата на фаза на компензираниот систем бидејќи $\phi_{pf} = 45^\circ$. Пресечната фреквенција на засилување ω_1^* на компензираниот систем се одбира така да бидат задоволени однапред поставените барања во поглед на големината на пропустниот опсег, доминантната временска константа или времето на смирување на преодниот процес. Нека во посматраниот пример, на тој начин определено да ω_1^* да треба да биде во границите на 3 rad/sec до 5 rad/sec. Без оглед на редот на системот и типот на астатизам, постапката на синтеза на диференцијално – интегрален компензатор може да се изведе на следниот начин.

1. Најпрво се одбира пресечната фреквенција на засилување ω_1^* на компензираниот систем. Во нашиот пример, таа е $\omega_1^* = 4rad/sec$.
2. За одбереното ω_1^* , се пресметува резервата на фазата на не компензираниот систем и врз основа на тоа и врз база на бараната резерва на фаза, се определува потребната поправка на фазата, која при $\omega = \omega_1^*$, треба да ја внесе диференцијалниот компензатор. Во нашиот пример, за $\omega_1^* = 4rad/sec$, пресметуваме

$$\phi_{pf}(j4) = 180^\circ + \arg W_f(j4) = -8^\circ,$$

Па, спрема тоа, потребната поправка на фазата е $45^\circ + 8^\circ = 53^\circ$.

3. Врз основа на пресметаната вредност за поправка на фазата, се одбира типот на диференцијален компензатор (единичен, двоен), неговиот однос a_1/b_1 и долната прекршна фреквенција $\omega = a_1$. Диференцијалниот дел на компензаторот може да се определи така што неговиот максимално фазно поместување да е еднакво на бараното, и да тоа фазно поместување, настанува при фреквенција $\omega = \omega_1^*$. Со други зборови, параметрите a_1 и b_1 може да се определат и врз основа на релациите:

$$\omega = \omega_m = \sqrt{ab}$$

$$\phi_{max} = \left(90 - 2\arctg \sqrt{\frac{a}{b}}\right) \text{ степени}$$

Ако за овој пример земеме дека $\phi_{max} = 53^\circ$ и $\omega_m = \omega_1^* = 4rad/sec$, добиваме

$$53^\circ = \left(90^\circ - 2\arctg \sqrt{\frac{a_1}{b_1}}\right), 4 = \sqrt{a_1 b_1}$$

Врз основа на претходниот израз добиваме

$$\frac{a_1}{b_1} = (\operatorname{tg} 18,5^\circ)^2 = 0,112, \quad \text{заокружуваме на } 0,12$$

$$a_1 = \sqrt{\frac{16a_1}{b_1}} = 4\sqrt{0,12} = 1,4 \quad b_1 = \frac{1,4}{0,12} = 11,62$$

4. Се определува слабењето кое го внесува интегралниот дел на компензаторот така што log дијаграм на слабење на компензираниот систем ја пресече log ω оската при фреквенција од $\omega = \omega_1^*$. Јасно е дека за тоа потребно е да се пресмета модулот на фреквентната преносна функција со повратна врска на некомпензираниот систем, заедно со диференцијалниот дел на компензаторот и потоа да се формулира релацијата

$$\frac{b_2}{a_2} = \left| \frac{1+j\omega_1^*}{1+j\omega_1^*} \frac{a_1}{b_1} \right| |W_f(j\omega_1^*)|$$

Која за дадено ω_1^* , го дава односот $\frac{b_2}{a_2}$. На тој начин, во примерот се добива

$$\frac{b_2}{a_2} = \left| \frac{1 + \frac{j4}{1,4}}{1 + \frac{j4}{11,62}} \right| \left| \frac{20}{j4 \left(1 + \frac{j4}{2}\right) \left(1 + \frac{j4}{6}\right)} \right| = 5,33 (= 14,535\text{db}).$$

5. За да при $\omega_1 = \omega_1^*$ фазното поместување на интегралниот дел на компензаторот биде занемарливо, се усвојува да горната фреквенција на прекршување $\omega = b_2$ на овој дел на компензаторот биде за 4 октави пониска од ω_1^* . Па во примеров

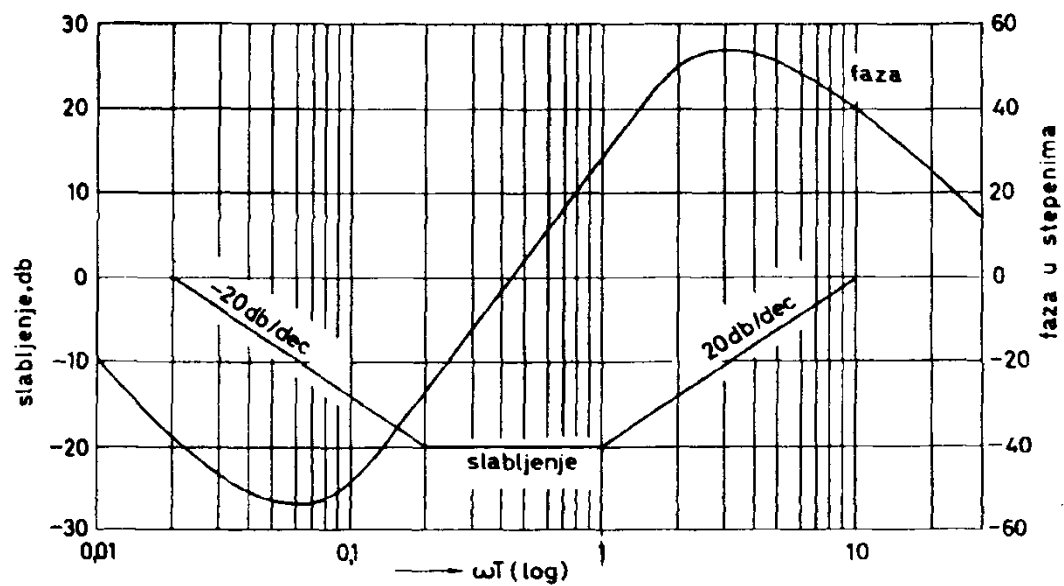
$$b_2 = \frac{\omega_1^*}{2^4} = \frac{4}{16} = 0,25 \text{ rad/sec.}$$

Следува дека може да го пресметаме и

$$a_2 = \frac{b_2}{5,33} = \frac{0,25}{5,33} = 0,047 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}.$$

Оттука, преносната функција на диференцијално – интегрален компензатор има облик

$$G_{gi}(s) = \frac{(s + a_1)(s + b_2)}{(s + b_1)(s + a_2)} = \frac{(1 + s/1,4)(1 + s/0,25)}{(1 + s/11,62)(1 + s/0,047)}$$



Слика 2 Log дијаграм на слабење и фаза на преносната функција на диференцијално – интегралниот компензатор

Паралелна компензација