**IDENTIFIKACIJA**

Najmanje točna od korištenih metoda je Küpfmüllerova metoda, ali je i poprilično jednostavna. Ona aproksimira zadani sustav sustavom prvog reda sa mrtvim vremenom. Vremensku konstantu T, mrtvo vrijeme Tt, te pojačanje K moguće je lako odrediti iz prijelazne funkcije sustava koji se aproksimira (potrebno je odrediti točku infleksije).

Strejcova metoda također aproksimira dani sustav sustavom prvog reda sa mrtvim vremenom, ali se konstante T i Tt određuju iz uvjeta da se novodobivena prijelazna funkcija podudara u dvije proizvoljno odabrane točke (uvjet je da se točka infleksije nalazi između njih) sa prijelaznom funkcijom početnog sustava. U slučaju da grafički možemo (otprilike) odrediti točku infleksije, ova je metoda još jednostavnija od Küpfmüllerove, jer nije potrebno analitički tražiti parametre tz i ta. Ova se metoda je mnogo preciznija od Küpfmüllera.

Aproksimacija sustava sustavom drugog reda sa vremenskim konstantama T1 i T2 (PT2 metoda) se pokazala najpreciznijom. Mnogo bolje aproksimira sustav u početnom trenutku od Strejcove metode (zbog prisutnog mrtvog vremena Tt). No, ova je metoda komplicirana te, da bi bila primjenjiva, omjer ta/tz mora biti veći od 9.64.

PTn metoda je nešto jednostavnija od PT2 metode, a aproksimacija sustava sustavom drugog reda sa dvostrukim polom (PTn2) se pokazala iznimno preciznom na mjerenjima sa labosa. Povećanje reda sustava (PTn3) je smanjilo preciznost aproksimacije.

Momentna metoda se pokazala kompliciranom zbog računanja pojedinih momenata težinske funkcije te rješavanja sustava od m+n+1 algebarskih jednadžbi (gdje je m red brojnika a n red nazivnika prijenosne funkcije sustava kojim se aproksimira). Preciznost ove metode ovisi upravo o odabiru m i n. Npr. za m=1, n=2 ili m=3, n=3 dobije se preciznost od oko 95%, no za određene m i n (npr. 1 i 3) dobije se nestabilan sustav.

Kao metoda sa najvećim omjerom točnost/kompliciranost trebala bi biti Strejcova metoda.

Kod zašumljenog signala problem je pronaći točku infleksije prijelazne funkcije. Analitički postupak pronalaženja točke infleksije je neprecizan (zbog šuma postoji mnogo točaka koje zadovoljavaju potrebne uvjete za određivanje točke infleksije), stoga ju je bolje odrediti grafički.

Upravo o odabiru točke infleksije ovisi preciznost Küpfmüllerove, PT2 i PTn metode (one ovise o parametrima tz i ta). PT2 metoda može postati neupotrebljiva u slučaju da omjer ta/tz nije veći od 9.64, iako bi ta metoda bila upotrebljiva za signal bez šuma.

Preciznost Strejcove metode ovisi o odabiru točaka na zašumljenom signalu. Ukoliko je u odabranim točkama superponiran šum većeg iznosa, preciznost će joj biti smanjena.

Mjerni šum najviše utječe na Momentnu metodu. Ta metoda zahtjeva poznavanje težinske funkcije (impulsni odziv) sustava, koja se dobije diferenciranjem prijelazne funkcije. Kako je na prijenosnu funkciju superponiran šum, a diferenciranje (deriviranje) je operacija iznimno osjetljiva na nagle promjene signala koje donosi šum, nije moguće precizno odrediti impulsni odziv, a samim time niti aproksimirati sustav ovom metodom.

PT2S metoda je iznimno precizna i otporna na šum jer ne zahtjeva operaciju diferenciranja koja je osjetljiva na šum. Potrebno je odrediti dvije točke: maksimum, te točku u kojoj prijelazna funkcija poprima 50% stacionarne vrijednosti.

Kako na operaciju diferenciranja (deriviranja) ne utječe amplituda signala, već njegova dinamika, a šum je veoma dinamičan, metode koje koriste diferenciranje su manje precizne.

Momentna metoda je vrlo precizna kada nema šuma. No, diferenciranje je iznimno osjetljivo na šum (brze promjene signala) stoga je ova metoda previše neprecizna za signale koji sadrže mjerni šum. Zato je potrebno prije korištenja ove metode filtrirati signal.

- sustave višeg reda moguće je zadovoljavajuće aproksimirati sustavima nižeg reda, pa čak i sustavom prvog reda sa mrtvim vremenom

- ukoliko se pol nalazi daleko od ishodišta u odnosu na ostale polove, njegov je utjecaj zanemariv, te je sustav moguće estimirati sustavom nižeg reda sa velikom točnošću

- šum nepovoljno utječe na sve metode estimacije sustava, a ponajviše one koje su usko vezane za diferenciranje (dakle neki parametar potreban za tu metodu se dobiva diferenciranjem/deriviranjem)

- momentna metoda je iznimno osjetljiva na šum

- u slučaju šuma, grafičke metode određivanja parametara (npr. točka infleksije - tangenta na nju) mogu biti preciznije od analitičkih

- za estimaciju oscilatornog sustava potrebno je koristiti drugu metodu nego za sustave koji imaju realne polove (oscilatorni ima kompleksno konjugirane parove polova, koje nije moguće dobiti sa nekim metodama). Momentna metoda može estimirati obje vrste sustava.

- filtriranje može značajno utjecati na točnost estimiranog modela, ukoliko je vremenska konstanta filtra dovoljno mala da ne narušava dinamiku sustava

**PARAMETRI PID REGULATORA**

Kritično pojačanje je ono koje dovede promatrani sustav na rub stabilnosti - oscilacije konstantne amplitude. Njega je moguće odrediti na nekoliko načina, npr. pomoću Hurwitzovog kriterija stabilnosti ili pomoću Nyquistovog kriterija. Nyquistov kriterij stabilnosti kaže da je sustav na rubu stabilnosti ako mu je fazno osiguranje 0, odnosno graf u Nyquistovom dijagramu siječe realnu os u točci -1. Dakle, prvo je potrebno odrediti frekvencijsku karakteristiku otvorenog kruga, te pronaći frekvenciju (wpi) pri kojoj faza otvorenog kruga iznosi -180°. Potom je iz amplitudne karakteristike moguće odrediti kritično pojačanje za koje amplitudna karakteristika na frekvenciji wpi iznosi 1 (dakle sustav je na rubu stabilnosti).

Odziv je bolji, tj. oscilacije i nadvišenje su manji u slučaju kada je b=c=0. Tada se na "P" i "D" dio regulatora dovodi samo povratni signal, dok se referenca (tj. odstupanje od reference) dovodi samo na integracijski član ("I") regulatora. U slučaju kada je b=c=1, regulator postaje osnovni PID regulator. Tada se u slučaju skokova (step) prilikom zadavanja reference oni preslikavaju na izlaz regulatora ("P") ili nastaje impuls (dirac zbog "D" dijela regulatora), što često nije "zdravo" za proces kojim se upravlja.

Vladanje na referentnu veličinu bi se dodatno moglo poboljšati filtriranjem reference (npr. PT1 član), što bi spriječilo nagle promjene signala koji se dovodi na regulator.

Relejna metoda, u usporedbi sa Zeigler-Nicholsovom metodom, se pokazala mnogo boljom na mjerenjima sa labosa. Odziv (na referentnu veličinu i na poremećaj) nema oscilacije, koje su kod ZN metode bile značajne, te mu je ulazak u stacionarno stanje mnogo brži.

Eulerova unaprijedna diferencija kao postupak diskretizacije realnog derivacijskog člana se može koristiti u slučaju da vrijedi Td>Ts\*v/2. Za slučaj kada je ta nejednakost zadovoljena, sustav stabilan.

- ZN metoda se pokazuje dobrom i učinkovitom, ali sustav ima oscilatoran odziv na promjenu referentne veličine. Dvostupanjski regulator dobiven relejnim postupkom mnogo je bolji (uklonjene su oscilacije).

- mjerni šum dodatno otežava sintezu regulatora. U relejnom postupku potrebno je koristiti relej sa histerezom, jer bi u protivnom signal šuma stalno palio/gasio relej.

- diskretizacija regulatora također ima negativan utjecaj na kvalitetu odziva. Utjecaj je manji što je period uzorkovanja manji. Diskretizacija čak može učiniti sustav nestabilnim ukoliko je period diskretizacije prevelik ili se uporabi pogrešna metoda (npr. unaprijedna Eulerova za realni derivator u slučaju da je period diskretizacije prevelik).

**Implementacijski aspekti digitalnih regulatora**

Preljev ima najveći utjecaj na regulator izveden u Direktnoj formi 2, a najmanji na onaj izveden u Direktnoj formi 1. Direktna forma 1 ima 4 sumatora, ali oni se mogu svesti na 1 (nema nikakvih elemenata između njih), te se pozitivni preljev može kompenzirati sa negativnim preljevom (pogodnost 2'k zapisa). Direktna forma 2 (a i ostale, ali je kod njih efekt manje izražen) ima 2 odvojena sumatora čiji se preljevi ne mogu kompenzirati.

Modalni oblik je loš u slučaju kvantizacije parametara jer su parametri modalne izvedbe regulatora ujedno i njegovi polovi/nule. Za slučaj preljeva, najbolja je direktna realizacija 1 jer sadrži jedan sumator (sa više ulaza) u kojem se tada neki preljevi u međukoracima mogu poništiti. Problem preljeva iz sumatora moguće je riješiti skaliranjem signala.