

## Лабораторно упражнение 2

# УНИВЕРСАЛЕН АНАЛОГОВ ПИД РЕГУЛАТОР С АНТИ-ИНТЕГРАЛНО НАСИЩАНЕ

### 1. ЦЕЛ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА

Да се отчете преодоляването на интегралното насищане в ПИД регулатора при наличие на ограничения в управляващия сигнал.

### 2. МЕТОДИЧНИ УКАЗАНИЯ

#### 2.1. Усъвършенстван ПИД регулатор с anti-windup механизъм (с анти-интегрално насищане)

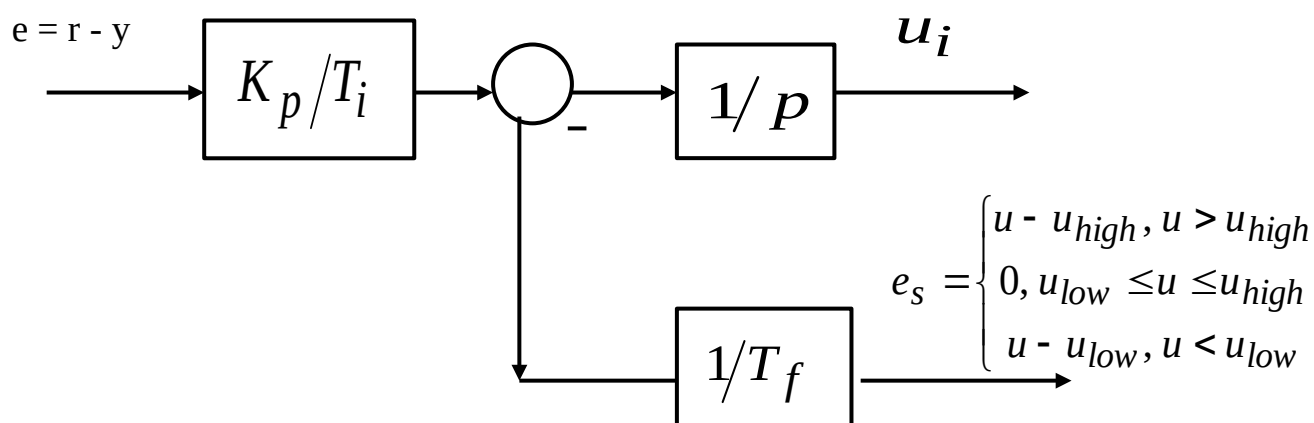
- **Принцип на възникване на windup ефект**

Когато управлението в САУ надхвърли максималните възможности на изпълнителния механизъм в рамките на ограничените долна и горна граница на изменение на управлението  $[u_{low}, u_{high}]$ , стандартните регулатори с интегриращо действие започват да работят неефективно. В случай, че заданието изисква промяна на управлението, САУ започва да функционира с голяма грешка и интегралната съставка на ПИ(Д) регулатора започва да нараства. От момента на достигане на ограничението регулаторът чрез интегриращата си съставка започва да акумулира в управлението енергия, която реално не въздейства върху обекта с полагаемата мощност поради ограниченията. Забавя се (блокира се) включването на компенсиращия механизъм на обратната връзка в САУ и за известно време регулаторът практически неправилно функционира в отворен контур. В момента на достигане на заданието интегралната съставка вече е акумулирала излишно голяма стойност в управлението, която не може да се редуцира за кратко време. Затова регулаторът продължава да формира все още нереално високи стойности, независимо, че текущата регулируема величина вече е надхвърлила заданието и е задействала обратната връзка в САУ. Нормалното функциониране на САУ се възстановява, но е постигнато голямо пререгулиране в регулируемата величина и забавено отработване на заданието. Този наблюдаван отрицателен ефект в САУ се нарича интегрално насищане (integral saturation) или пренавиване (wind-up) и води до лошо поведение на регулатора извън рамките на ограниченията на управляващия сигнал.

- **Схемно решение срещу интегралното насищане**

Едно разпространено схемно решение срещу интегралното насищане представлява включване на допълнителна обратна връзка с тегло  $1/T_i$  към контура за интегриране на грешката в основната схема на паралелно

реализирания ПИД регулатор за периода на насищане на управляващия сигнал. Това решение, показано на фиг. 1, води до преизчисляване на И-съставката, така че управлението винаги да остава в рамките на ограниченията. Скоростта за възобновяване на блокираната работа на И-съставката зависи от тегловния коефициент  $T_t$ , който може да се приеме като времеконстанта на възстановяването. Препоръчва се изборът на този параметър да става в съответствие с изискването  $T_i > T_t > T_d$  или според практическото правило  $T_t = \sqrt{T_i T_d}$  за ПИД или  $T_t = T_i$  за ПИ.



Фигура 1. И-съставка със схемно антиинтегрално насищане

## 2.2. Начални данни за провеждане на изследванията

Универсалната структурна схема на регулатора от лабораторно упражнение 2 се разширяват с анти-интегрална обратна връзка, като в процеса на изследването на САУ се уточняват залаганите в експеримента ограничителни условия на управлението.

## 2.3. Особености на изпълнението на задачите

(а). За да се приложи схемата на фиг. 1 за функциониране на ПИД регулатора с "anti-windup" механизма в конкретна САУ, се препоръчва да се осигурят такива настройки на ПИД регулатора, които да водят до управляващи въздействия, надхвърлящи избраните ограничения, така че да се наблюдава ефектът на механизма след реализиране на посочената схема.

(б). Желателно е при необходимост да се осъществи финно донастройване на регулаторите.

## 3. ЗАДАЧИ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ

### 3.1. Да се изгради непрекъснат ПИД регулатор със схемен анти-windup механизъм

Регулаторът представлява разширение в схемата на универсалния PID в съответствие със схемата на фиг. 2.

### 3.2. Да се изследва САУ с реализирания усъвършенстван ПИД регулатор

В контура на САУ преди обекта се включва ограничителен блок *Saturation*. Наблюдават се процесите в САУ при следните условия:

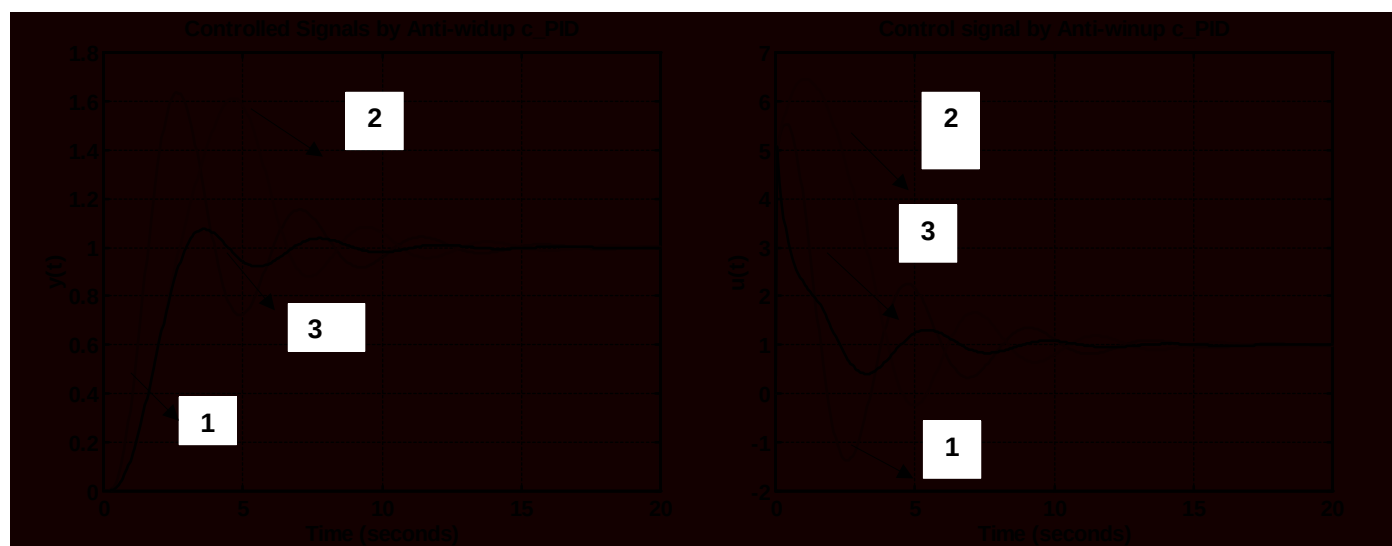
(а). Не са въведени ограничителни условия и anti-widup механизма не действа. За целта се приемат достатъчно големи ограничителни рамки на управлението, така че в този случай практически да няма наложени ограничения на сигналите в САУ. Изключва се допълнителна обратна връзка на anti-widup механизма в схемата на регулатора.

(б). Въвеждат се ограничителни условия, но anti-widup механизма не действа. В този случай ограниченията не се отчитат от регулатора, понеже допълнителната обратна връзка е изключена.

(в). Въвеждат се ограничителни условия и anti-widup механизма е задействан. В този случай ограниченията се отчитат от регулатора чрез включената допълнителна обратна връзка.

### ПРИМЕРНИ РЕЗУЛТАТИ

За конкретна динамика на обекта на фиг. 2 са изведени регулираната величина  $y$  (вляво) и управлението  $u$  (вдясно) в САУ за условия (а), (б) и (в) в зад. 3.2. (със съответен индекс 1, 2 и 3) при схемно реализиране на антиинтегралното насищане.



Фигура 2. САУ с непрекъснат ПИД без/със антиинтегралното насищане