

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ  
КОМПЛЕКСИ –1.**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахункової роботи для студентів  
напряму підготовки „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології”

*Рекомендовано Вченою радою інженерно-хімічного факультету*

Київ  
НТУУ “КПІ”  
2015

Комп'ютерно-інтегровані технологічні комплекси – 1: Метод. вказівки до викон. розрах. роботи для студ. напр. „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” / Уклад.: Я. Ю. Жураковський. – К. : НТУУ ”КПІ”, 2015. – 17 с.

*Гриф надано Вченою радою ІХФ  
(Протокол № від 201 р.)*

Навчальне видання

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ  
КОМПЛЕКСИ – 1.

Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи для студентів напряму підготовки „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”

Укладачі: Жураковський Ярослав Юрійович

Відповідальний редактор А.І. Жученко, докт. техн. наук, проф.

Рецензент Д.О. Ковалюк, канд. техн. наук, доц.

*Авторська редакція*

## ЗМІСТ

Створення імітаційної моделі об'єкту, що заданий аперіодичною ланкою 1-го порядку.....	5
Структура системи керування .....	9
Створення технологічної сигналізації .....	11
Список рекомендованої літератури.....	16

В результаті вивчення навчальної дисципліни “Комп’ютерно-інтегровані технологічні комплекси” студенти отримують вміння та досвід з використання SCADA системи LabVIEW.

Пакет прикладних програм LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) забезпечує програмну підтримку автоматизованих систем для наукових досліджень і автоматизованих систем управління. Персональний комп’ютер традиційної комплектації доповнений багатофункціональними блоками введення та виведення аналогової і цифрової інформації для стаціонарних і портативних комп’ютерів, стандартних інтерфейсів, мереж промислових контролерів (зовнішніх адаптерів) при застосуванні відповідного програмного забезпечення, перетворюється на сучасну SCADA систему.

Середовище LabVIEW багатофункціональне і забезпечує:

- а) обмін інформацією із зовнішніми вимірювальними, управляючими пристроями;
- б) аналіз і обробку отриманої інформації;
- в) збір, зберігання і передачу (у тому числі мережами) інформації;
- г) підтримку математичного експерименту (роботу з віртуальними інструментами);
- д) забезпечення призначеного для користувача інтерфейсу.

Завдання:

- 1) створити програму у LabVIEW із імітаційними моделями об’єкта та ПІД-регулятора;
- 2) створити інтерфейс оператора із мнемосхемою;
- 3) обрати параметри для сигналізації, створити візуальну попереджувальну та аварійну сигналізацію.

За завданням керівника студенти додатково можуть:

- 1) імітувати нелінійності та обмеження у роботі об’єкта та системи;
- 2) використати інші типи регуляторів та структур системи керування.

У створеній студентами системі можна спостерігати динамічні процеси в системі керування, досліджувати вплив налаштувань регуляторів на перехідні процеси.

Студенти проектують інтерфейс оператора із виводом на екран графіків, мнемосхеми, сигналізації.

Створення імітаційної моделі об'єкту, що заданий аперіодичною ланкою 1-го порядку.

Принципову схему змішувача як об'єкту керування концентрацією зображено на рис. 1.

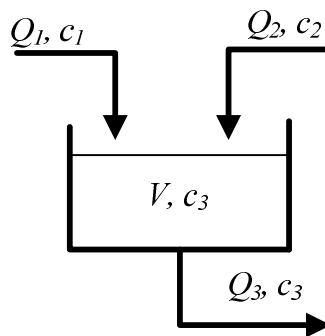


Рис. 1 – Принципова схема змішувача як об'єкт керування концентрацією волокнинної суспензії

Рівняння матеріального балансу змішувача має вигляд:

$$V \frac{dc_3}{dt} + Q_3 c_3 = Q_1 c_1 + Q_2 c_2, \quad (1)$$

де  $V$  – об'єм змішувача;

$Q_1, Q_2$  і  $Q_3$  – витрати вхідних компонентів та суміші,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$c_1, c_2$  і  $c_3$  – концентрація вхідних компонентів та суміші, %.

Диференціальне рівняння (9.1) можна подати і так:

$$\frac{V}{Q_3} \cdot \frac{dc_3}{dt} + c_3 = \frac{c_2}{Q_3} Q_2 + \frac{c_1}{Q_3} Q_1$$

або як аперіодичну ланку першого порядку

$$T_{11} \frac{dy}{dt} + y(t) = k_{11}u(t) + k_{12}f(t), \quad (2)$$

де  $T_{11} = \frac{V}{Q_3}$  – стала часу змішувача, с;

$dt$  – прирощення часу за один крок розрахунку;

$k_{11} = \frac{c_2}{Q_3}$  – коефіцієнт підсилення каналу керування 11,  $\frac{\%}{\text{м}^3/\text{с}}$ ;

$k_{12} = \frac{c_1}{Q_3}$  – коефіцієнт підсилення каналу збурення 12,  $\frac{\%}{\text{м}^3/\text{с}}$ ;

$y = c_3$  – вихідна змінна змішувача;

$u = Q_2$  – керувальне діяння (вхідна змінна);

$f = c_1$  – збурювальне діяння.

Запишемо (2) в дискретній формі, тобто замість  $dt$  використаємо прирощення  $\Delta t$ ;  $dy$  є прирощенням параметру  $y$ , тобто

$$dy = \Delta y = y_i - y_{i-1},$$

де  $i$  та  $i-1$  є індексами параметру  $y$  в  $i$ -й та  $i-1$ -й момент часу. Таким чином рівняння (2) можна подати в такий дискретній формі

$$T_{11} \frac{y_i - y_{i-1}}{\Delta t} + y_i = k_{11}u + k_{12}f \quad (3)$$

Зробимо перетворення для того, щоб виразити  $y_i$ , тобто значення параметру об'єкта на поточний момент часу, через інші змінні.

$$y_i = \frac{k_{11}u\Delta t + k_{12}f\Delta t + y_{i-1}T_{11}}{T_{11} + \Delta t} \quad (4)$$

Функцію (4) можна запрограмувати в системі LabVIEW. Для цього використаємо структуру While і Formula Node. Для передачі даних про стан параметру  $y$  на попередній ітерації, тобто значення  $y_{i-1}$ , використано зсувовий регістр Shift register (рис. 9.2). Значенню параметру  $y_i$  відповідає змінна « $y_i$ », значенню  $y_{i-1}$  відповідає змінна « $y_{i1}$ ». Початкове значення параметру  $y_i$  задано елементом керування « $y_i_0$ ».

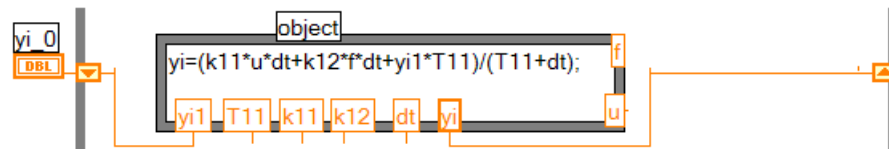


Рис. 2 – Фрагмент програми із моделлю об'єкта

Розглянемо рівняння ПІД-регулятора

$$U(t) = K_p \left[ e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

де  $U(t)$  – регулювальний вплив;  $e(t)$  – відхилення регулювальної величини від заданого значення;  $T_i$ ,  $T_d$ , – сталі часу інтегрування та диференціювання.

Замінив  $e(t)$  на  $e(nT)$ , а  $U(t)$  на  $U(nT)$ , де  $T$  – період дискретизації,  $n=0, 1, 2 \dots$ , перейдемо до гратчастої функції

$$U(nT) = K_p \left[ e(nT) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=1}^n \frac{e(iT) + e((i-1)T)}{2} + T_d \left[ \frac{e(nT) - e((n-1)T)}{T} \right] \right].$$

Віднімемо з обох частин рівняння величину  $U((n-1)T)$  та отримаємо рекурентне рівняння, що є більш зручним для програмування:

$$U(nT) = U((n-1)T) + K_p \left[ \begin{aligned} & \left\{ e(nT) - e((n-1)T) \right\} + \frac{T}{2T_i} \left\{ e(nT) + e((n-1)T) \right\} + \\ & + \frac{T_d}{T} \left[ e(nT) - 2e((n-1)T) + e((n-2)T) \right] \end{aligned} \right],$$

або після перетворень

$$U(nT) = U((n-1)T) + K_p \left( 1 + \frac{T}{2T_i} + \frac{T_d}{T} \right) e(nT) + K_p \left( -1 + \frac{T}{2T_i} - \frac{2T_d}{T} \right) e((n-1)T) + \frac{K_p T_d}{T} e((n-2)T).$$

Відхилення  $e(nT)$  обчислюється як

$$e(nT) = SP - y(nT),$$

де  $SP$  – задане значення регулювальної величини «SetPoint»;  $y(nT)$  – значення регулювальної величини у момент часу  $nT$  або «ProcessVariable» ( $PV$ ).

Запрограмуємо функцію в LabVIEW (рис. 9.3). Використаємо такі позначення змінних:

Змінна	Позначення
$U(nT)$	un
$U((n-1)T)$	un_1
$e(nT)$	e
$e((n-1)T)$	e1
$e((n-2)T)$	e2

Для отримання значень відхилень  $e((n-1)T)$  та  $e((n-2)T)$  використовуємо зсувові регістри на два та три кроки назад. Початкові значення відхилень задаємо нульовими.



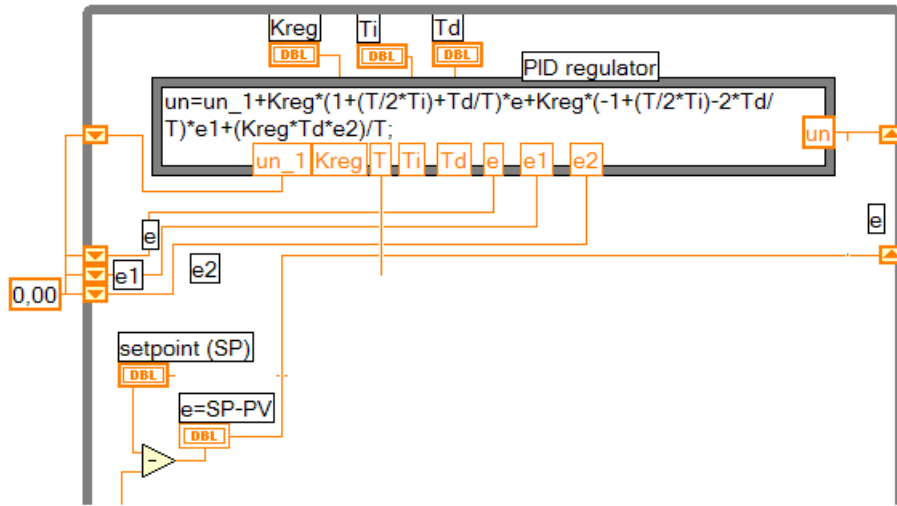


Рис. 3 – ПІД-регулятор

### Структура системи керування

Для моделювання оберемо одноконтурну дискретну замкнену систему із дискретним аналогом ПІД-регулятора (рис. 4).

Вихідна змінна системи  $y(t)$  змінюється від дії на об'єкт керування (ОК) збурення  $f(nT)$  через передавальну функцію  $F(z)$ . З метою ліквідації дії цього збурення вихідна змінна системи порівнюється із її задавальним діянням  $SP$ , і одержаний сигнал відхилення  $e(nT)$  після квантування у часі подається на дискретний регулятор  $D(z)$ , який своїм керівним діянням  $u(nT)$  впливає на ОК з передавальною функцією  $W(z)$ . Також регулятор відпрацьовує зміну задавального діяння  $SP$ .

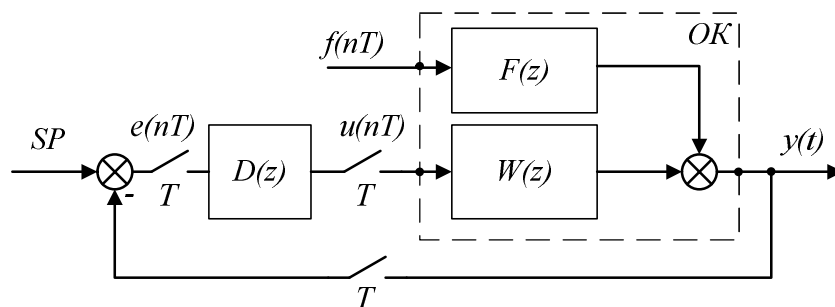
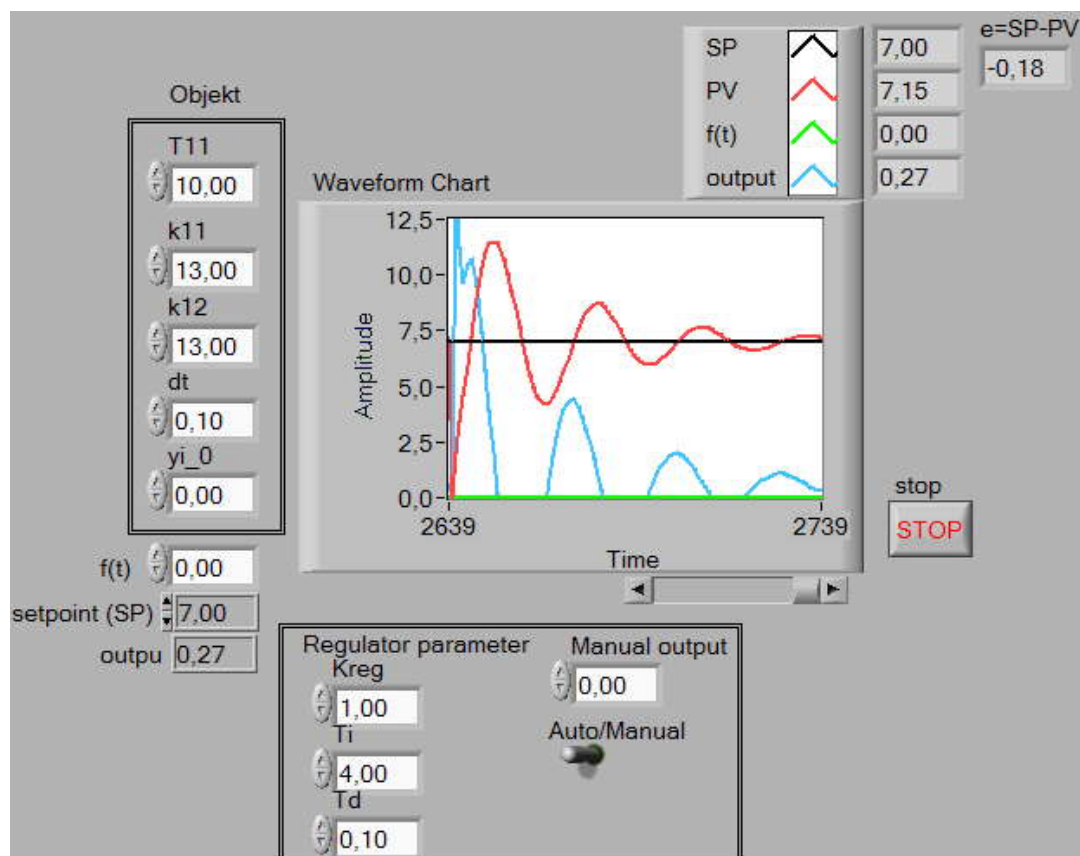


Рис. 4 – Структурна схема системи керування

За обраною структурою (рис. 4) зберемо схему, що показано на рис. 5. До схеми з рис. 2 додано ПД-регулятор (рис. 3). На вхід ПД-регулятора подано значення відхилення «e», що обчислено як різницю між вихідною змінною « $y_{i\_1}$ » та задавальним діянням SP, що задається задатчиком «setpoint (SP)». Керувальне діяння « $u$ » з виходу регулятора подається на об'єкт як змінна « $u$ » і на передній панелі позначено як «output». У схемі передбачена можливість вибору режиму ручного керування, коли регулятор відключається перемикачем «Auto/Manual» і керувальне діяння задається задатчиком «Manual output». Збурення  $f$  задається задатчиком « $f(t)$ ». Параметри регулятора « $K_{reg}$ », « $T_i$ », « $T_d$ » та параметри об'єкту « $T_{11}$ », « $k_{11}$ », « $k_{12}$ », « $dt$ », « $y_{i\_0}$ » можна змінювати з передньої панелі.

Результати обчислень відображаються на графіку «Waveform Chart» і формуються за допомогою «Bundle».

## Front Panel



## Block Diagram

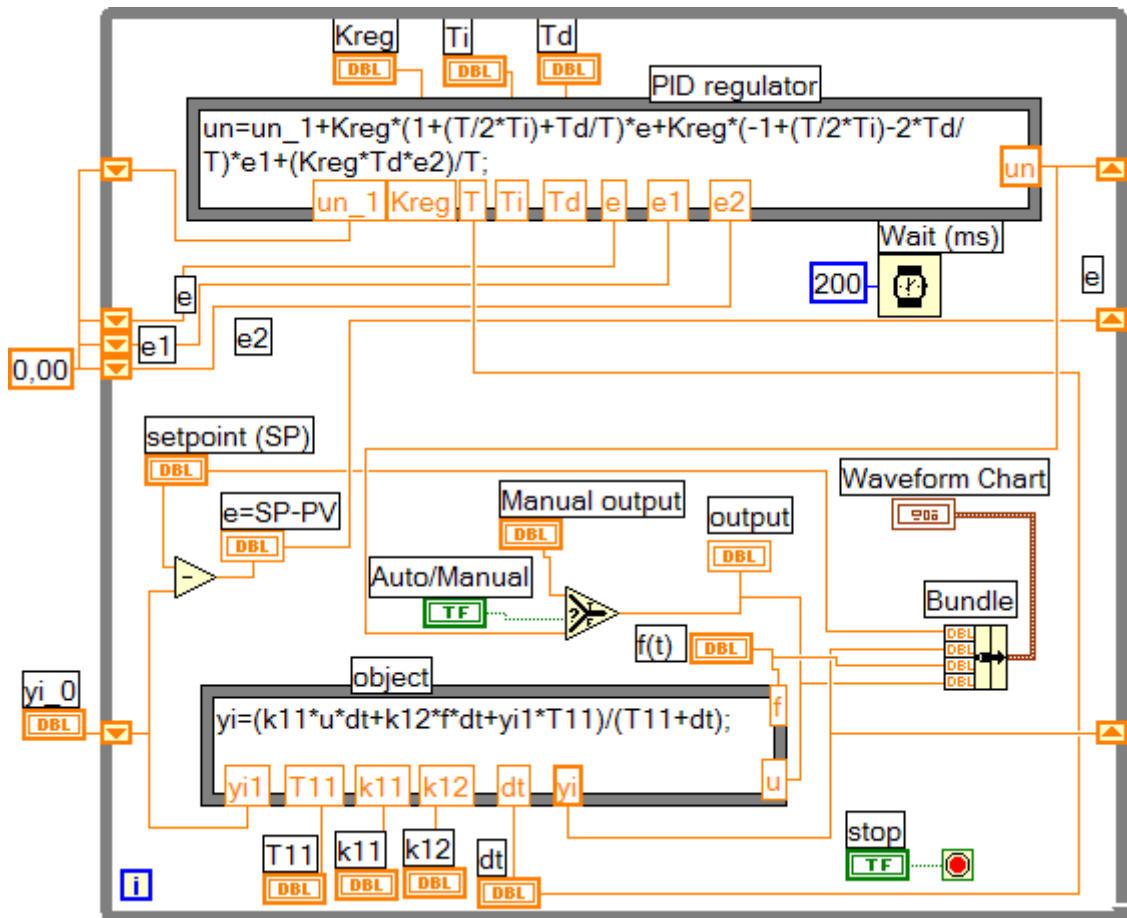


Рис. 5

### Створення технологічної сигналізації

Сигналізації, призначені для сповіщення обслуговуючого персоналу про стан контрольованих об'єктів.

Аварійно-попереджувальна сигналізація служить для подачі сигналу про ненормальну роботу установок, переведених на автоматичне управління.

Сигнали зазвичай бувають звукові і світлові. Звукові сигнали привертають увагу чергового. Світлові сигнали тією чи іншою мірою розшифровують характер несправності та вказують на об'єкт, де виникла ця несправність.

Робота попереджувальної і аварійної сигналізації при виході параметрів середовища за допустимі межі показані на рис. 6. На вимогу замовника може бути встановлена як світлова, так і звукова сигналізація.

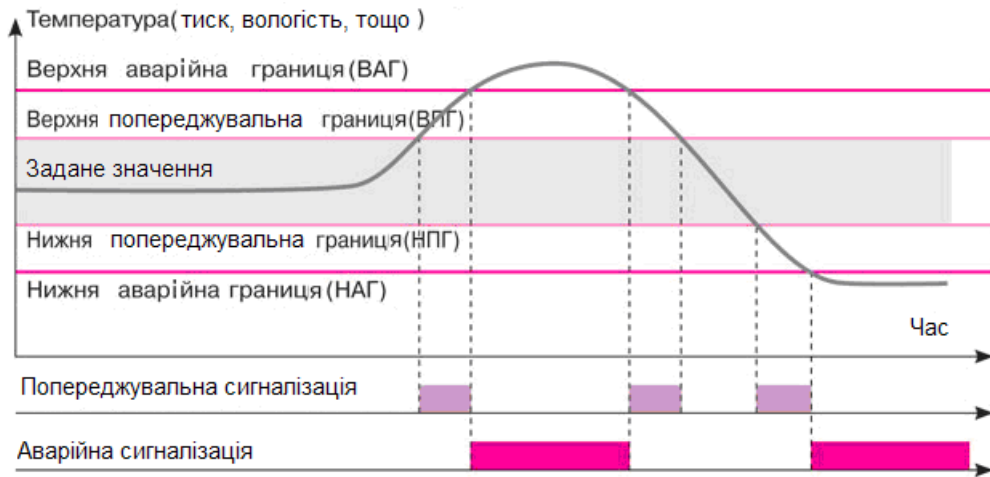


Рис. 6. – Робота попереджувальної і аварійної сигналізації

Використання кольорів для світлової сигналізації регламентується стандартами МЭК 60073–96 (табл. 1).

Для привернення уваги оператора можна застосовувати миготливий сигнал, наприклад для позначення:

- а) вимоги негайної дії (після підтвердження оператором переходить у постійне світіння);
- б) відмінності між номінальним і фактичним станом обладнання;
- в) зміна стану обладнання (миготіння під час перехідного процесу).

Таблиця 1 – Функціональні значення кольорів для кодування

Колір	Смислове значення		
	Безпека людей та обладнання	Стан процесу	Стан обладнання
<b>Червоний</b>	Небезпека	Критичний стан	Несправність
<b>Жовтий</b>	Увага	Перехідний (зміна умов або стан, що передую зміні умов)	Перехідний (зміна умов або стан, що передую зміні умов)
<b>Зелений</b>	Безпека	Нормальний	Нормальний

Синій	Спеціальне (може мати будь яке значення, крім функціонального для червоного, жовтого та зеленого)
Білий, сірий	Не мають спеціального значення

Кольори, які використовуються для відображення інформації на відеодисплеї та їх смислові значення повинні відповідати таблиці 10.1. Кольори повинні контрастувати з суміжними кольорами і з фоном дисплея. Смислове значення кожного кольору повинно застосовуватися узгоджено при використанні декількох дисплеїв і інших пов'язаних приладів. Для безпеки кольори повинні бути яскравими, насиченими і контрастними. Кольори для інформації низького пріоритету можуть бути тьмяними і ненасиченими.

Загальні правила для позначення звукових сигналів при кодуванні інформації наведено в табл. 2.

Неперервний звуковий сигнал має застосовуватися тільки у деяких, строго обмежених випадках (наприклад при зміні небезпечного або перехідного стану на безпечний).

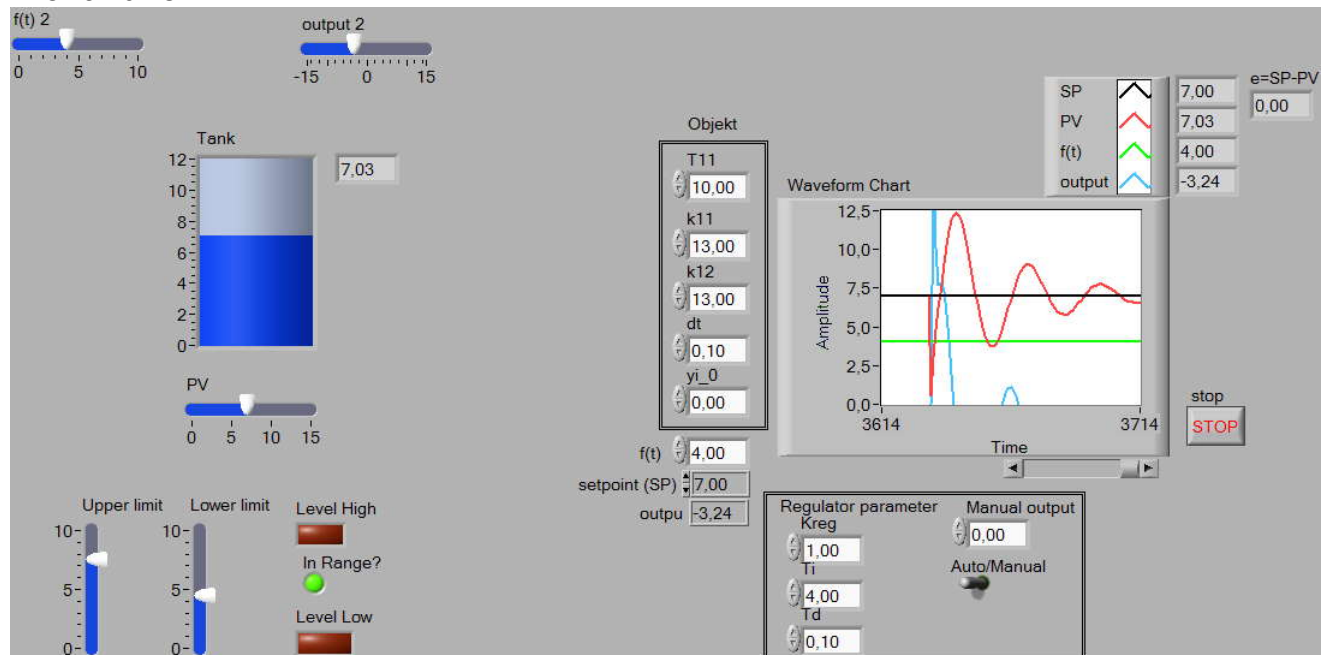
Таблиця 2 – Смислові значення звукових сигналів

Вид звуку	Смислове значення		
	Безпека людей та обладнання	Стан процесу	Стан обладнання
Протяжний, різкий, що посилюється	Небезпека	Критичний стан	Несправність
Переривчастий із постійним інтервалом	Увага	Перехідний	Перехідний
Неперервний із постійним рівнем	Безпека	Нормальний	Нормальний
Поперемінні звуки	Спеціальне		
Інші звуки	Не мають спеціального значення		

Звукові сигнали не повинні застосовуватися при безпечному стані (тиша).

В прикладі на рис. 7 реалізована сигналізація виходу значення параметру за межі допустимих значень, що визначаються датчиками «Upper limit» (Верхня межа) та «Lower limit» (Нижня межа). Сигналізація реалізована за допомогою ламп які вмикаються за результатом простого порівняння поточного значення параметру із заданими значеннями границь діапазону. В якості альтернативи можна використовувати інструмент Function\Comparison\In Range and Coerce, який визначає чи знаходиться параметр в межах заданого діапазону і дає відповідь у вигляді булевої змінної.

### Front Panel



### Block Diagram

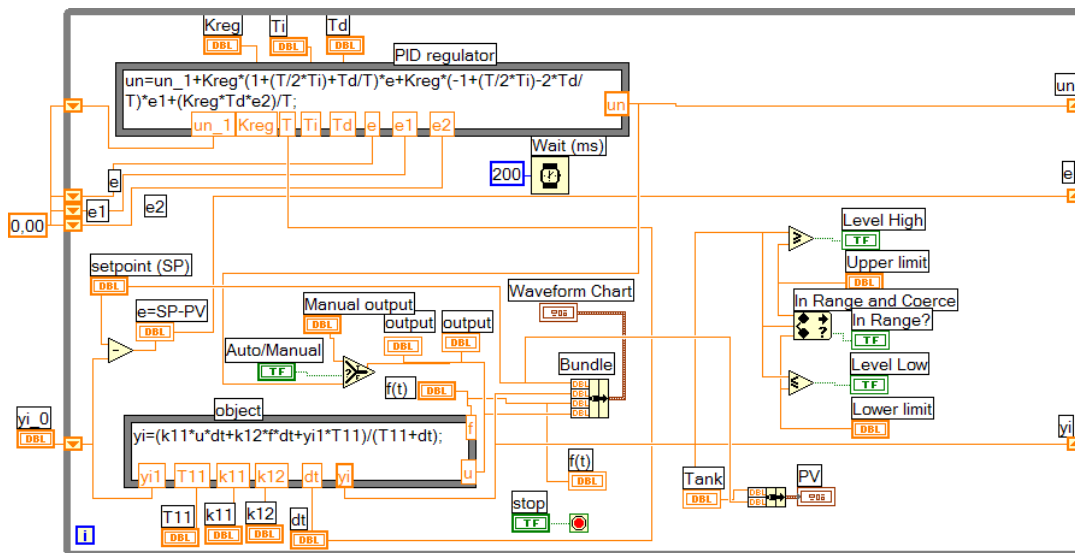


Рис.7

## Список рекомендованой литературы

1. Пейч, Л. И. LabVIEW для новичков и специалистов / Л. И. Пейч, Д. А. Точилин, Б. П. Поллак. – М. : Горячая линия – Телеком, 2004. – 384 с.
2. Демирчяна, К. С. Использование виртуальных инструментов LabVIEW / под ред. К. С. Демирчяна, В. Г. Миронова. –М. : Солон-Р; Радио и связь; Горячая линия – Телеком, 1999. – 268 с.
3. Учебный курс LabVIEW Express. Базовый курс 1. – М. : National Instruments Corporation, 2003. – 354 с. (Электронная копия ni.com; www.labview.ru).
4. Дивин, А. Г. Автоматизация измерений, контроля и испытаний : лабораторный практикум. Ч. 1 : Основы работы впрограммной среде LabVIEW // А. Г. Дивин, В. М. Жилкин, А. Д. Свириденко. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. –44 с.
5. Автоматизация измерений, контроля и испытаний : учебное пособие / С. В. Мищенко, А. Г. Дивин, В. М. Жилкин, С. В. Пономарев, А. Д. Свириденко. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 116 с. – 100 экз. – ISBN 5-8265-0604-0 (978-5-8265-0604-2).
6. Загидуллин Р. Ш. LabVIEW в исследования и разработках. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 352 с.: ил.
7. Бутырин П. А. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 / Под ред. Бутырина П. А. / П. А. Бутырин, Т. А. Васьковская, В. В. Каратаев, С. В. Материкин. – М.: ДМК-Пресс, 2005. – 264 с.
8. Суранов А. Я. LabVIEW 7: Справочник по функциям / А. Я. Суранов. – М.:ДМК-Пресс, 2005. – 512 с.
9. Тревис Дж. Labview для всех / Дж. Тревис, Дж. Кринг. –М.: ДМК Пресс, 2011. – 904 с.



10. Васильев В. Г. Моделирование систем автоматического управления в программной среде LabVIEW / В. Г. Васильев. – Тверь, 2007. – 25 с.

11. Жуков К. Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 688 с.

12. Mütterlein, Bernward. Handbuch für die Programmierung mit LabVIEW [mit Studentenversion LabVIEW 8.6]. – Heidelberg : Spektrum Akademischer Verlag, 2009. – 516 S. – ISBN 978-3-8274-2337-5