

УДК 621.396.96

Г.С. Сидоренко

Національний науковий центр «Інститут метрології», Харків

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ЭТАЛОННЫХ СИГНАЛОВ ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ В УКРАИНЕ

В статье исследована возможность повышения точности системы передачи эталонных сигналов времени и частоты.

**Ключевые слова:** эталонные сигналы времени и частоты, система передачи эталонных сигналов, PID-контроллеры.

### Введение

**Актуальность задачи.** В соответствии с последними мировыми тенденциями развития технических основ метрологического обеспечения, которые позволяют определять основные единицы системы SI, основываясь на известных физических эффектах и фундаментальных константах, единица времени и частоты занимает одно из главенствующих мест в системе основных физических величин [0]. Данное утверждение практически подтверждается при создании национальных эталонов физических величин, которые, являясь сложными техническими комплексами, обязательно содержат в своем составе средство измерительной техники, воспроизводящее размер единицы времени и частоты. Примером могут послужить эталоны таких физических величин, как напряжение, сила тока и магнитная индукция [0]. В связи с последними мировыми тенденциями в данной сфере, задача обеспечения единства измерений в области частотно-временных измерений принимает особое значение [2].

**Анализ литературы.** Анализ публикаций, посвященных системе передачи (СП) эталонных сигналов времени и частоты (ЭСВЧ) позволяет рассматривать ее как нелинейную динамическую систему, положение которой в пространстве состояний зависит от точности воспроизведения единицы времени и частоты рабочим эталоном оконечного потребителя [3-6]. При этом повышение точности системы возможно в первую очередь при компенсировании систематической погрешности воспроизведения единицы времени и частоты рабочим эталоном передающего центра, что означает необходимость рассмотрения данной СП как системы управления [6].

**Цель работы** – исследование возможности повышения точности системы передачи эталонных сигналов времени и частоты.

### Основной материал исследований

Компенсация систематической погрешности воспроизведения единицы времени и частоты рабочим эталоном передающего центра требует создания замкнутого контура управления, регулятор которого

синтезирован в соответствии с выбранным критерием качества системы [7].

Главная проблема цифрового управления – найти соответствующую структуру регулятора и синтезировать его параметры. После определения этих параметров реализация алгоритмов управления обычно представляет простую задачу. На основании входных данных цифровой регулятор вырабатывает соответствующее управляющее воздействие, поступающее на вход цифро-аналогового преобразователя, выходной сигнал которого, т.е. управляющий сигнал, посылается исполнительному устройству (фазовращателю).

При конструировании непрерывных систем управления наиболее широкое применение получили PID-регуляторы, структурная схема которого представлена на рис. 1 [7]. Регулятор состоит из: пропорционального преобразователя, в котором происходит умножение сигнала ошибки  $e(t)$  на коэффициент  $K_p$ ; интегральной части, в которой интегрируется сигнал ошибки  $e(t)$  с учетом постоянной интегрирования  $T_i$ ; дифференцирующей части, в которой происходит формирование сигнала, пропорционального производной по времени от ошибки с учетом постоянной дифференцирования  $T_d$ . Интегральный закон управления применяется для уменьшения установившейся ошибки, а дифференциальный закон улучшает динамические свойства системы [7].

Основное уравнение PID-регулятора имеет следующий вид:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt},$$

где  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  – параметры, оптимизируемые в процессе синтеза регулятора.

Дифференциальная составляющая в основном уравнении позволяет повысить быстродействие регулятора, предсказывая будущее поведение процесса. Интегральная составляющая призвана ликвидировать статические ошибки управления, поскольку интеграл даже от малой ошибки может быть значительной величиной, вызывающей реакцию регулятора.

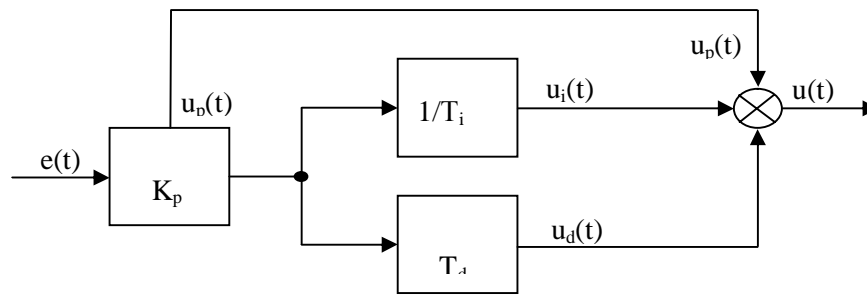


Рис. 1. Структурная схема PID-регулятора

Синтез PID-регулятора заключается в определении значений  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  с учётом заданных требований качества регулирования системы. Синтез может быть выполнен любым из традиционных методов:

- прямым – путём решения разностного уравнения замкнутой системы;
- частотным;
- передаточных функций;
- корневого годографа.

Задачи проектирования дискретных PID-регулятора и коррекции его параметров подобны. В непрерывном варианте между устройствами есть отличие: регулятор должен содержать активные элементы – операционные усилители, позволяющие усиливать сигналы, а коррекция может быть выполнена на пассивных элементах (RC-цепи). В дискретном же варианте устройства неразличимы – могут состоять из трех микросхем включенных последовательно (аналого-цифровой преобразователь, цифровой сигнальный процессор (DSP), цифро-аналоговый преобразователь). И регулятор, и четыре основных вида последовательных корректирующих устройств описываются передаточной функцией не выше второго порядка. Следовательно, достаточно составить одну программу цифрового рекурсивного фильтра второго порядка для DSP и менять пять – семь констант программы – коэффициентов z-передаточной функции.

### Выводы

В работе проведено исследование возможности применения PID-регулятора в контуре управления рабочим эталоном передающего центра. Применение предложенного типа регулятора позволит повысить точность воспроизведения размера физической

величины рабочим эталоном времени и частоты передающего центра.

### Список литературы

1. Захаров И.П. Эталоны в области электрорадиоизмерений: справочн. пособ. / И.П. Захаров, Ю.Ф. Павленко. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 192 с.
2. Державна служба єдиного часу і еталонних частот України: структура і основні засоби забезпечення крайни високоточною частотно-часовою інформацією / Я.С. Яцків, Ю.І. Сафронов, О.М. Величко, О.С. Клейман, В.С. Соловійов, О.О. Ткачук // *Космічна наука і технологія*. – 1998. – Т. 4, № 2/3. – С. 8-11.
3. Система синхронізації і єдиного часу наземного автоматического комплексу управління косміческими апаратами України / Б.І. Макаренко, В.Ф. Кулишенко, А.Ф. Петров, К.Ф. Волох, Е.Т. Жуков // *Космічна наука та технологія*. – 2001. – Т. 7, № 4. – С. 107-113.
4. Оцінка потенціальної точності синхронізації стандартів часу і частоти при використанні измерительного телевизионного сигнала / А.А. Костыря, Ю.А. Коваль, Е.А. Иванова, Е.П. Ермолаев, М.В. Милья, С.И. Носов, Е.Ю. Бондарь // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – 2009. – № 2(10). – С. 40-45.
5. Система синхронізації еталонів на основі приймної апаратури ТВ – сигналів нового покоління / Ю.А. Федоров, Ю.Д. Иванова, Д.В. Лузгин, Ю.Ф. Смирнов, С.Б. Пушкін // *Исследования по метрологии времени и пространства: Труды ВНИИФТРИ*. – 2005. – Вып. 50(142). – 247 с.
6. Романько В.М. Методика управління сигналами часу, що передаються з Києва по радіо / В.М. Романько, Н.Г. Ємець, Г.І. Сагайдак // *Труди IV МНТК "Метрологія та вимірювальна техніка"* – X. ХДНДІМ, 2009. – С. 229-231.
7. Дорф Р. *Современные системы управления* / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаб. базовых знаний, 2002. – 832 с.

Поступила в редколлегию 1.12.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.А. Кузнецов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ЕТАЛОННИХ СИГНАЛІВ ЧАСУ І ЧАСТОТИ В УКРАЇНІ

Г.С. Сидоренко

*В статті проведено дослідження можливості підвищення точності системи передачі еталонних сигналів часу та частоти в Україні.*

**Ключові слова:** еталонні сигнали часу та частоти, система передачі еталонних сигналів, PID-контролери.

### THE RESEARCH OF THE UKRAINIAN ETALON TIME SIGNAL TRANSMISSION SYSTEM ACCURACY IMPROVEMENT ABILITY

G.S. Sidorenko

*In article has been considered the researches of the ukrainian etalon time signal transmission system accuracy improvement ability.*

**Keywords:** etalon time and frequency signals, transmission system of the etalon signal, PID-controllers