



# Праці УНДІРТ

---

**ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ  
ТА КОДУВАННЯ**

---

Теоретичний  
та науково-практичний журнал  
радіозв'язку, радіомовлення  
і телебачення

---

**3 (11) - 4 (12) 1997**

---

Видання УНДІРТ  
м. Одеса



**Теоретичний  
та науково-практичний журнал  
радіозв'язку, радіомовлення  
і телебачення**

*Заснований 1994 року*

м. Одеса

# Праці УНДІРТ

**ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ ТА КОДУВАННЯ**

Орган  
Українського науково-дослідного  
інституту радіо і телебачення

**№ 3 (11) - 4 (12)  
1997 р.**

**Редакційна колегія:**

Банкет В.Л., д.т.н.  
Биков Р.Є., д.т.н.  
Власенко В.А., д.т.н.  
Виходець А.В., к.т.н.  
Воробієнко П.П., к.т.н.  
Гофайзен О.В., д.т.н.  
Гуцалюк А.К. (заст. головного редактора), к.т.н.

Каток В.Б., д.т.н.  
Каторгін В.А., к.т.н.  
Кисіль В.А., д.т.н.  
Панфілов І.П., д.т.н.  
Сахнович А.В., д.т.н.  
Сукачов Е.О., к.т.н.  
Ящук Л.О., д.т.н.

**Головний редактор**  
Михайлов М.К., к.т.н.  
**Відповідальний секретар**  
Савицький Л.Ю.

**Науковий редактор випуску**  
Власенко В.А., д.т.н.

**Зміст**

**Цифрова обробка сигналів**

Арсирій В.А., Арсирій Е.А., Власенко В.А. Использование видеоинформационной технологии ТВ <sup>3</sup> С и мультимедиа систем для решения задач прикладной динамики .....	3
Болтенков В.А. Автоматизированная однопунктовая система определения местоположения акустического источника .....	11
Болтенков В., Кузьминский А. Влияние способа оценивания корреляционной матрицы нестационарного шума на точность измерения пеленга .....	14
Викулин И.М., Макаренко Н.К. Измерители-классификаторы объектов заданной формы и цвета по пространственно-угловым и хроматическим спектрам; реализация методов цифровой Гильберт-оптики.....	17
Викулин И.М., Власенко В.А., Заганич В.Г., Макаренко Н.К. Измерители-классификаторы формы объектов на основе управляемых взвешивающих фототиристорных преобразователей: Подход за основе методов гильберт-оптики.....	26
Власенко В.А., Заганич В.Г., Лавриненко С.В. Исследование эффективности идентификации объектов по методу лучевых сумм .....	36
Гусятин В.М. Математическая модель геометрической обработки изображения на плоскости для растровых систем визуализации .....	42
Дмитриев Э.А. Анализ спектра на основе алгоритма Герцеля.....	45
Тихончук С.Т., Задерейко А.В. Специализированное корректирующее устройство для компенсации помех и инерционности измерительных преобразователей .....	48

**Кодування**

Басов В.Е. Согласование сигналов с кодами в сигнально-кодовых конструкциях с четырехпозиционной фазовой манипуляцией и сверточным кодированием.....	51
Геер А.Э. Новые верхние границы для свободного расстояния несистематических сверточных кодов с $R = 1/n$ .....	56
Гуцалюк А.К., Михайлов Н.К., Сукачев Э.А. Технология CDMA и перспективы ее использования в цифровых сетях подвижной радиосвязи третьего поколения .....	61
Захарченко В.Н. О возможности уменьшения избыточности блочных кодов для каналов с группированием ошибок.....	73
Кисель А.В. Некоторые вопросы синтеза сигналов для синхронных систем передачи .....	77
Мазурков М.И. Свойства полных классов композиционных ЧВК степенных вычетов над простыми полями Галуа .....	84
Мазурков М.И., Скопа А.А., Сенько А.Н., Бондарь В.И., Чечельницкий В.Я. Метод построения помехозащищенных систем телекоммуникаций .....	87
Мельник А.М. Алгоритм расчета дистанционных свойств систем с кодированием в каналах с памятью.....	93
Михайлов Н.К., Цыган Л.Я. Системы стандарта TETRA .....	98
Свердлик М.Б., Коваленко Ю.Б. Тактовая синхронизация в системах с двоичным сигналом ЧМ-НФ при произвольном значении индекса модуляции .....	101
Тринтина Н.А. Расчет производительности сети КС типа $/M/S/r_c/d_1/$ .....	104

**Термінологія**

Головчинський М.Г. Загальноприйняті зарубіжні скорочення (продовження) .....	106
--	-----

## Contents

## Digital Sygnal Processing

<b>Arsiry V.A., Arsiry E.A., Vlasenko V.A.</b> Videoinformatic TV <sup>2</sup> WS Technology and Multimedia Systems for Dynamic Problems Solving.....	3
<b>Boltenkov V.A.</b> Automatic Signal-Point System to Determine the Acoustic Source Location .....	11
<b>Boltenkov V.A., Kuzminsky A.M.</b> The Influence of Correlation Matrix Estimation Technique on Bearing Measuring Accuracy in Conditions of Non-Stationary Noise .....	14
<b>Vikulin I.M., Makarenko N.K.</b> Spatial Shape and Colour Analysers-Classificators Based on Scattering and Chromatic Spectra Measurements: Digital Hilbert-Optic Technique Realization.....	17
<b>Vikulin I.M., Vlasenko V.A., Zaganich V.G., Makarenko N.K.</b> Analyzers-Classificators of Object's Shapes Based on Controlled Weighted Photothyristor Converters: Approach Using Hilbert Optics Technique .....	26
<b>Vlasenko V.A., Zaganich V.G., Lavrinenko S.V.</b> Investigation of Object Identification Ray-Sums Method Effectiveness.....	36
<b>Gusyatin V.M.</b> The Mathematical Model of Geometrical Image Processing on the Plane for Raster Visualization Systems.....	42
<b>Dmitriev E.A.</b> Goertzel Based Algorithm of Spectral Analysis.....	45
<b>Tikhonchuk S.T., Zadereyko A.V.</b> Special Corrective Device for Interference and Measuring Converters Inertion Compensation.....	48

## Coding

<b>Basov V.E.</b> Signal Coincide with Codes in Quadrature Phase Shift Keying Modulation and Convolutional Coding .....	51
<b>Geyer A.E.</b> New Upper Free Distance Bounds for Rate $R = 1/n$ Nonsystematic Convolutional Codes.....	56
<b>Gutsaluk A.K., Mykhaylov N.K., Sukachov E.A.</b> Use CDMA Technology Prospects in Digital Networks for 3 <sup>rd</sup> Mobile Radio Communication .....	61
<b>Zakharchenko V.</b> Decreasing Possibility of Block Redundancy Codes for Channels with Error Grouping.....	73
<b>Kissel A.V.</b> Certain Problems of Pulse Shaping for Synchronous Data Transmission System .....	77
<b>Mazurkov M.I.</b> Power Residues Composite FTS Full Class Properties Introduction.....	84
<b>Mazurkov M.I., Skopa A.A., Senko A.N., Bondar V.I., Chechelnitsky V.J.</b> Method of Building Noise Immunitive Systems Telecommunications.....	87
<b>Melnik A.</b> Algorithm of Calculation of Distance Features of the Coding Systems in Channels with Memory.....	93
<b>Mykhaylov N.K., Tsigan L.Ya.</b> TETRA standard's systems .....	98
<b>Sverdlick M.B., Kovalenko U.B.</b> Cycling Synchronization in Systems with Binary CPM Signal of Free Modulation Index Meaning.....	101
<b>Trintina N.A.</b> Calculation of Productivity Network CI Tipe $/M/S/r,d,/$ .....	104

## Terminology

<b>Golovchinsky M.G.</b> Accepted foreign abridgements (continuation).....	106
--	-----

Журнал зареєстровано Управлінням по пресі Одеської обласної держадміністрації, реєстраційне свідоцтво серії ОД № 215 від 4 липня 1994 року.

© УНДІРТ, 1997

Здано в набір 10.07.97.  
Підписано до друку 31.07.97.  
Різографічне видання  
Папір КУМ COPY NOVA  
Формат 60x88/8  
Тираж 500 экз  
Умов.-друк. арк. 11,2

Набрано на електронному устаткуванні фірм IBM та Hewlett Packard  
редакційно-видавничим відділом УНДІРТ  
Віддруковано на видавничому устаткуванні фірми RISO  
Редагування і коректура А.Ю. Воронкевич  
Технічний редактор Л.Ю. Савицький  
Оператор ЕОМ С.В. Ляховецька

Адреса редакції: Україна, 270026, м.Одеса, вул.Буніна, 31

## Специализированное корректирующее устройство для компенсации помех и инерционности измерительных преобразователей

### Special Corrective Device for Interference and Measuring Converters Inertia Compensation

**Аннотация:** Предложена структура специализированного корректирующего устройства и разработана методика выбора его параметров, обеспечивающих компенсации помех и инерционности ИП, моделируемых аperiodическим звеном первого, второго и старших порядков.

**Abstract:** The special corrective device structure and the selection methods of it's parameters for compensation and measuring converters inertia to simulate high exponent inertial unit are proposed.

#### Введение

Одной из важнейших задач при создании систем телекоммуникаций, дистанционного зондирования и телеметрии является задача корректного оценивания и повышения точности измерений. При измерении параметров быстро протекающих процессов следует учитывать совместное влияние шумовых помех и инерционность элементов информационных систем измерения. Последняя часто определяется инерционностью используемых измерительных преобразователей (ИП) - датчиков различного назначения.

Основным подходом к решению такой задачи является метод структурной коррекции, основанный на введении в измерительную систему (ИС) специализированного корректирующего устройства (КУ), реализующего передаточную функцию (ПФ)  $W_{КУ}(p) = 1/W_{ИП}(p)$ , где -  $W_{ИП}(p)$ , - ПФ ИП [1], [2].

Одним из методов, позволяющих разрабатывать специализированные КУ для эффективной компенсации инерционности ИП и шумовых помех при минимуме аппаратных затрат, является метод динамической коррекции [3]. Его применение основано на введении в структуру КУ звена динамической коррекции.

Важным достоинством этого метода является также и то, что он ориентирован на реализацию средствами аналоговой и гибридной вычислительной техники. Это как нельзя лучше подходит для его применения на основе уже имеющихся в наличии вычислительных средств.

Цель данной статьи - разработка структуры специализированного КУ для компенсации шумовых помех и инерционности ИП

#### Анализ специализированного корректирующего устройства

В соответствии с методом динамической коррекции на рис. 1 представлена предлагаемая (и исследуемая ниже) структура специализированного КУ, позволяющая эффективно компенсировать инерционность ИП и действие помех.

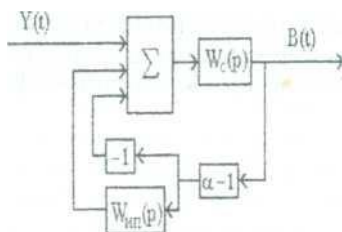


Рис. 1. Структура специализированного КУ.

Структура специализированного КУ реализует ПФ:

$$W_{КУ}(p) = \frac{1}{W_{ИП}(p) + \alpha W_{ИП}(p) - \alpha + 1 + W_c^{-1}(p)} \quad (1)$$

где  $\alpha$  - параметр регуляризации;  $W_{ИП}(p)$  - ПФ ИП, моделируемого аperiodическим звеном с ПФ:

$$W_{ИП}(p) = \frac{1}{\prod_{i=1}^n (T_i p + 1)}; \quad (2)$$

$W_c(p)$  - ПФ звена динамической коррекции. ПФ  $W_c(p)$  реализуется в дробно-рациональной форме:

$$W_c(p) = \frac{\sum_{i=0}^n h_i p^i}{\sum_{j=0}^n f_j p^j} \quad (3)$$

Для эффективной компенсации помех и инерционности ИП необходимо выбором ПФ  $W_c(p)$  достичь повышения порядка астатизма ПФ ИС на  $n$  единиц таким образом, чтобы порядок его ПФ был больше либо равным порядку ПФ ИП ( $n=k$ ). Величину  $n$  необходимо в каждом конкретном случае выбирать с учётом компромисса между повышением эффективности компенсации инерционности ИП и помех с одной стороны и возрастанием затрат на реализацию специализированного КУ - с другой.

Подставим (2) и (3) в (1) и выполним необходимые преобразования. В результате получаем:

$$W_{KY}(p) = \frac{\prod_{k=1}^n (T_n p + 1) \sum_{j=0}^n h_j p^j}{(1 + \alpha) \sum_{j=0}^n h_j p^j - \prod_{k=1}^n (T_n p + 1) \left[ \alpha \sum_{j=0}^n h_j p^j - \sum_{j=0}^n h_j p^j - \sum_{j=0}^n f_j p^j \right]} \quad (4)$$

Для обеспечения аperiodичного характера переходного процесса на выходе специализированного КУ необходимо, чтобы все коэффициенты характеристического уравнения

$$(1 + \alpha) \sum_{j=0}^n h_j p^j - \prod_{k=1}^n (T_n p + 1) \quad (5)$$

$$\left[ \alpha \sum_{j=0}^n h_j p^j - \sum_{j=0}^n h_j p^j - \sum_{j=0}^n f_j p^j \right] = 0,$$

были положительными, а его корни были вещест-

венными и отрицательными. Отметим, что коэффициенты  $T_n d$  (2) отличны от нуля и задаются априори. Полагая коэффициент  $h_0 = \text{const}$ , при любом количестве коэффициентов  $h_j \neq 0$  или их сокращении всегда можно подобрать коэффициенты  $f_j$  звена динамической коррекции  $W_c(p)$  таким образом, чтобы все коэффициенты при степенях  $p^j$  характеристического уравнения (5) были положительными. Тогда ПФ звена динамической коррекции  $W_c(p)$  можно записать в виде:

$$W_c(p) = \frac{h_0}{\sum_{j=0}^n f_j p^j} \quad (6)$$

Выбор коэффициентов  $f_j$  в (6) сводится к расчету соотношений, по которым можно найти их численные значения.

### Оценка точностных характеристик измерительной системы

Теперь на основании конкретного вида  $W_c(p)$  определим точностные характеристики ИС, содержащей предложенное специализированное КУ, а также определим критерии выбора параметра регуляризации  $\alpha$ .

Точностные характеристики ИС характеризуются величиной дисперсии ошибки  $\sigma_{ис}$  на ее выходе, которая включает в себя две составляющие:

$$\sigma_{ис}^2 = \sqrt{\sigma_{см}^2 + \sigma_{ис}^2}, \quad (7)$$

где  $\sigma_{см}$  - дисперсия смещенной составляющей ошибки, появляющейся вследствие отличия ПФ специализированного КУ от точной обратной ПФ ИП;  $\sigma_{ис}$  - дисперсия несмещенной составляющей ошибки, возникающей вследствие наличия помех  $\lambda(t)$  в измеряемом сигнале на выходе ИП

На рис. 2 приведена структура ИС, содержащей специализированное корректирующее устройство, которое компенсирует помехи и инерционность ИП.

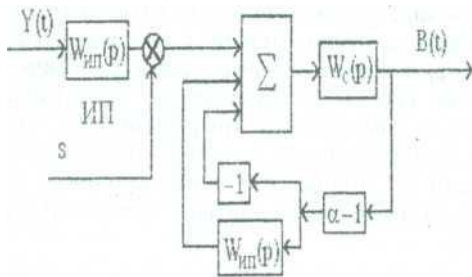


Рис. 2. Структура ИС, содержащей специализированное КУ

Определим зависимость смещенной составляющей ошибки ИС (рис. 2) от параметра регуляризации  $\alpha$ . В качестве тестового сигнала вход ИП подается единичное ступенчатое воздействие вида:

$$Y(t) = \alpha, \alpha = 1. \quad (8)$$

Перейдем в область изображений (по Лапласу)  $Y(p) \div Y(t)$ , где

$$Y(p) = \frac{1}{p}, \quad (9)$$

Запишем выражение для смещенной составляющей ошибки ИС:

$$\sigma_{см}^2(P) = Y(P) (1 - W_{ис}(P)). \quad (10)$$

где  $W_{ис}(p)$  - результирующая ПФ ИС, содержащего специализированное КУ (рис. 2), и определяемая как:

$$W_{ис}(p) = W_{ип}(p) W_{ку}(p)$$

Выполним необходимые подстановки в (11) и получим:

$$W_{ис}(p) = \frac{h_0}{(1 + \alpha) h_0 - \prod_{k=1}^n (T_n p + 1) \left[ \alpha h_0 - h_0 - \sum_{j=0}^n f_j p^j \right]} \quad (12)$$

Подставим (9) и (12) в (10) и выполним дальнейшие преобразования с учетом того, что при  $t \rightarrow \infty$  параметр  $p \rightarrow 0$ . В результате получим искомое соотношение  $\sigma_{см}^2$ :

$$\sigma_{см}^2 = \frac{\alpha h_0}{h_0 + \alpha h_0} \quad (13)$$

Анализируя соотношение (13), можно сделать вывод о том, что смещенная составляющая ошибки  $\sigma_{см}$  возрастает при увеличении параметра регуляризации

Определим зависимость несмещенной составляющей ошибки ИС  $\sigma_{ис}$  (рис. 2) от параметра регуляризации  $\alpha$  при подаче на вход специализированного КУ случайного сигнала - помехи  $\lambda(t)$ , которая представляет собой белый шум с дисперсией  $D_s = \sigma_n^2$ :

$$\sigma_n^2 = D_s = \frac{1}{2\pi} \int S_n(\omega) d\omega, \quad (14)$$

где  $S_n(\omega)$  - спектральная плотность помехи  $\lambda(t)$ . Спектральная плотность сигнала  $S_{KY}(\infty)$  на выходе специализированного КУ определяется соотношением:

$$S_{KY}(\omega) = |W_{KY}(j\omega)|^2 S_n(\omega). \quad (15)$$

$$D_{\text{вых}} = \sigma_{\text{ис}}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_{KY}(\omega) d\omega. \quad (16)$$

Преобразуем (16) к виду:

$$\sigma_{\text{ис}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} I_n}, \quad (17)$$

где

$$I_n = \int_{-\infty}^{+\infty} S_{KY}(\omega) d\omega. \quad (18)$$

Интеграл  $I_n$  в общем случае при любом  $n$  для устойчивой системы может быть представлен в виде:

$$I_n = \frac{1}{2a_0} \frac{M_n}{\Delta_n} \quad (19)$$

где  $\Delta_n$  совпадает с точностью до знака со старшим определителем матрицы Гурвица

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & \dots & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_R \end{vmatrix}, \quad (20)$$

$$M_n = (-1)^R \begin{vmatrix} b_1 & b_2 & b_3 & \dots & b_{R-1} \\ a_0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_R \end{vmatrix}, \quad (21)$$

где  $b_i$  и  $a_i$  - коэффициенты соответственно полиномов числителя и знаменателя ПФ (4),  $R$  - степень полинома знаменателя ПФ (4). Рассмотрим зависимость от параметра регуляризации  $\alpha$  знаменателя  $I_n$  и числителя  $M_n$  соответственно.

Заметим, что знаменатель  $I_n$  имеет вид  $2a_0\Delta_n$ . Исходя из свойств определителей получим, что  $\Delta_n$  пропорционален  $\alpha^n$ ,  $n > 1, 2, \dots$ . Анализируя знаменатель ПФ (4) специализированного КУ, нетрудно заметить, что он содержит коэффициенты, пропорционально зависящие от параметра регуляризации  $\alpha$ . Вследствие этого знаменатель  $I_n$  также пропорционален  $\alpha$ .

Руководствуясь описанными свойствами определителей, для числителя  $M_n$  следует отметить, что он не зависит от  $\alpha$ , так как коэффициенты числителя ПФ (4) не зависят от параметра регуляризации  $\alpha$ .

Таким образом, исходя из свойств знаменателя  $I_n$  и числителя  $M_n$ , можно сделать вывод о том, что несмещенная ошибка  $\sigma_{\text{ис}}$ , уменьшается при увели-

#### Литература:

1. Абдусатаров Б.Б. Методика решения задачи структурной коррекции динамических характеристик линейных систем. - К.: Наукова думка, 1981. - 60 с.
2. Попова Н.Э., Сильвинская К.А., Москвитин В.Д. коррекция искажений в трактах и каналах связи. - М.: Связь, 1979. - 152 с.
3. Методы и устройства интерпретации экспериментальных зависимостей при исследовании и контроле энергетических процессов / А.Ф. Верлань, А.А. Игнатченко, Н.А. Максимович. Б.Б. Абдусатаров. - К Наукова думка, 1991. - 222 с.
4. Морозов В.А. О принципе невязки при решении несовместимых уравнений методом регуляризации А.Н. Тихонова // Журн. вычисл. математики и мат. физики. - 1971. - Е. 11, № 3. - С. 545-558
5. Леонов А.С. О выборе параметра регуляризации по критериям квазиоптимальности и отношения // ДАН СССР. - 1998. - Е. 42.-№4-С. 240.
6. Верлань А.Ф., Сизиков В.С. Способ эталонных примеров определения параметра регуляризации в методах Лаврентьева и Тихонова // ДАН УССР. Сер. А. Физ.-мат. и техн. науки, - 1979. - № 6. С. 468 -471

чению параметра регуляризации  $\alpha$ .

Отметим, что величина ошибки  $y_{\text{ис}}$  в случае, когда  $\sigma_{\text{смп}} \neq 0$  и  $\sigma_{\text{ис}} \neq 0$ , имеет минимум, который достигается для параметра регуляризации  $\alpha$ , удовлетворяющего условию:

$$\frac{d\sigma_{\text{ис}}}{d\alpha} = 0$$

Зависимость величины ошибки  $y_{\text{ис}}$  от параметра регуляризации  $\alpha$  можно интерпретировать посредством графической зависимости: приведённой

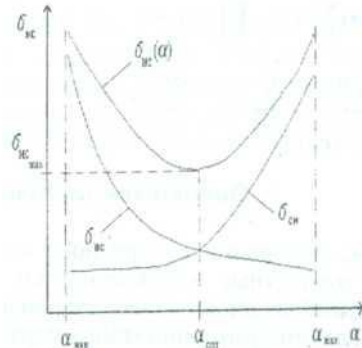


Рис. 2. Зависимость величины ошибки ИС от величины параметра регуляризации  $\alpha$

Таким образом, зная величину ошибки  $\sigma_{\text{ис}}$ , можно, пользуясь соотношением (22), определить наиболее приемлемую величину параметра регуляризации  $\alpha$  с точки зрения обеспечения наиболее эффективной компенсации специализированным КУ инерционности ИП и помех. Следует указать, что параметр регуляризации  $\alpha$  может быть выбран также в соответствии с любыми другими известными критериями, например по критерию невязки, критерию квазиоптимальности и отношения или по способу модельных (эталонных примеров) [6].

В качестве практической рекомендации по обеспечению эффективного процесса компенсации специализированным КУ инерционности ИП и действующих помех важно отметить, что эта задача решается последовательно в два этапа. На первом этапе, выбирая корни  $p_n$  характеристического уравнения ПФ (1), устанавливают требуемый коэффициент компенсации инерционности ИП. На втором этапе, выбирая величину параметра регуляризации  $\alpha$ , добиваются минимального уровня искажений в выходном сигнале специализированного КУ.