

УДК 621.396

Зайцев Г.Ф., д.т.н.; Булгач В.Л., к.т.н.; Гниденко О.Н.; Градобоева Н.В., к.т.н.
(Государственный университет информационно-коммуникационных технологий)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЧАСТОТНОЙ
АВТОПОДСТРОЙКИ С ПРИНЦИПОМ УПРАВЛЕНИЯ ПО ОТКЛОНЕНИЮ И
КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С АСТАТИЗМОМ ПЕРВОГО ПОРЯДКА И
ПОВЫШЕННЫМ БЫСТРОДЕЙСТВИЕМ**

Зайцев Г.Ф., Булгач В.Л., Гниденко О.М., Градобоева Н.В. Моделювання статичної системи частотного автопідстроювання з принципом управління по відхиленню і комбінованої системи з астатизмом першого порядку і підвищеною швидкодією. Підтверджена можливість підвищення динамічної точності і швидкодії системи частотного автопідстроювання по відхиленню частоти сигналу від номінального значення. Виконано моделювання статичної системи з принципом управління по відхиленню і комбінованої системи із зв'язком по збурюючій дії, який синтезований у відповідності з умовами перетворювання статичної системи в систему з астатизмом першого порядку.

Ключові слова: СИСТЕМА АВТОПІДСТРОЮВАННЯ ЧАСТОТИ, МОДЕЛЮВАННЯ, АСТАТИЗМ

Зайцев Г.Ф., Булгач В.Л., Гниденко О.Н., Градобоева Н.В. Моделирование статической системы частотной автоподстройки с принципом управления по отклонению и комбинированной системы с астатизмом первого порядка и повышенным быстродействием. Подтверждена возможность повышения динамической точности и быстродействия системы частотной автоподстройки по отклонению частоты сигнала от номинального значения. Выполнено моделирование статической системы с принципом управления по отклонению и комбинированной системы со связью по возмущающему воздействию, синтезированной в соответствии с условиями преобразования статической системы в систему с астатизмом первого порядка.

Ключевые слова: СИСТЕМА АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, АСТАТИЗМ

Zaitsev H.F., Bulhach V.L., Hnidenko O.M., Hradoboieva N.V. The simulation of the static system of the automatic frequency control with a principle controls by deviation and the combined system with the astatism of first order and increasing the speed. The opportunity of the increasing dynamic accuracy and speed of system of the automatic frequency control by the frequency deviation of signal from nominal value is confirmed. There is realized the simulation of the static system of the automatic frequency control with a principle controls by deviation and the combined system by disturbing action, synthesized in the conditions of the transformation the static system to the system with an first order astatism.

Key words: AUTOMATIC FREQUENCY CONTROL, SIMULATION, ASTATIZM

1. Схемы и методика моделирования систем частотной автоподстройки. На рис.1 изображена упрощенная (без раскрытия значений передаточных функций), а на рис. 2 – точная схема моделирования исходной статической системы частотной автоподстройки (ЧАП) с принципом управления по отклонению [1] и комбинированной системы [2, 3], на смесители $\Sigma 2$ которых параллельно поступает возмущающее воздействие $\Delta\omega_c$, изменяющееся по различным законам.

Параметры этих систем равны параметрам систем, рассмотренным в [1] и [3]. С помощью разомкнутой связи в комбинированную систему поданы напряжения, пропорциональные возмущающему воздействию $\Delta\omega_c(t)$ и первой производной от $\Delta\omega_c(t)$.

Передаточная функция $K_c(p)$ связи по возмущающему воздействию комбинированной системы, согласно [3] определяется выражением

$$K_c(p) = \frac{u_{yc}(p)}{\Delta\omega_c(p)} = \frac{\tau_1 p + k_c}{(\tau_2 p + 1)(\tau_3 p + 1)}.$$

Коэффициент пропорциональности k_c связи по возмущающему воздействию синтезирован в соответствии с условием преобразования статической системы ЧАП в систему с астатизмом первого порядка (условием повышения динамической точности), а первая производная (параметр τ_1) – в соответствии с условием повышения быстродействия системы – компенсации медленно затухающей компоненты переходного процесса [3].

При замыкании ключа К1 на вычитающие устройства $\Sigma 2$ обеих систем подается единичное ступенчатое возмущающее воздействие $\Delta\omega_c(t)$.

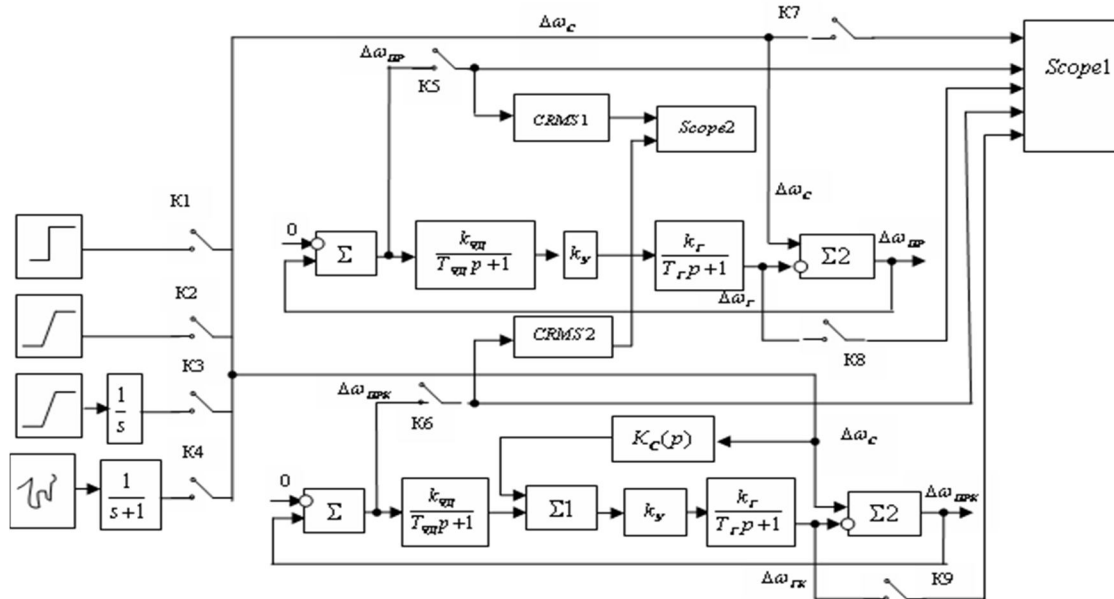


Рис.1. Упрощенная схема моделирования статической системы ЧАП с принципом управления по отклонению и комбинированной системы с астатизмом первого порядка

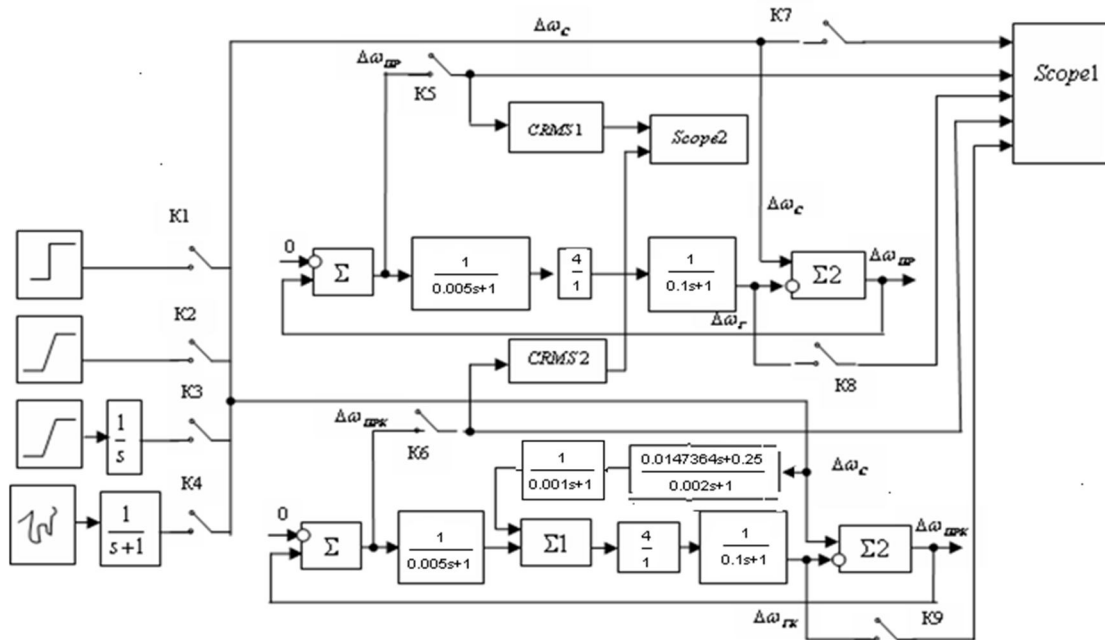


Рис. 2. Схема математического моделирования на ПЭВМ статической системы ЧАП с принципом управления по отклонению и комбинированной системы с астатизмом первого порядка

Если при этом замкнуть ключи K7, K5 и K6, то на индикатор Scope 1 будут поданы возмущающее воздействие $\Delta\omega_c(t)$, ошибка $\Delta\omega_{\text{ПР}}(t)$ системы ЧАП с принципом управления по отклонению и ошибка $\Delta\omega_{\text{ПРК}}(t)$ комбинированной системы. Осциллограммы сигналов изображены на рис.3,а. При замыкании ключей K7, K8 и K9 на индикатор Scope 1 будут поданы возмущающее воздействие $\Delta\omega_c(t)$, управляемые величины $\Delta\omega_r(t)$ и $\Delta\omega_{\text{ГК}}(t)$ системы ЧАП с принципом управления по отклонению и комбинированной системы. Осциллограммы сигналов изображены на рис. 3,б.

Из рис.3 следует, что установившаяся ошибка статической системы имеет конечное значение $\Delta\omega_{\text{ПРУСТ}} = 0,2$, а ошибка комбинированной системы с астатизмом первого порядка равна нулю., что согласуется с расчетными значениями [1, 4].

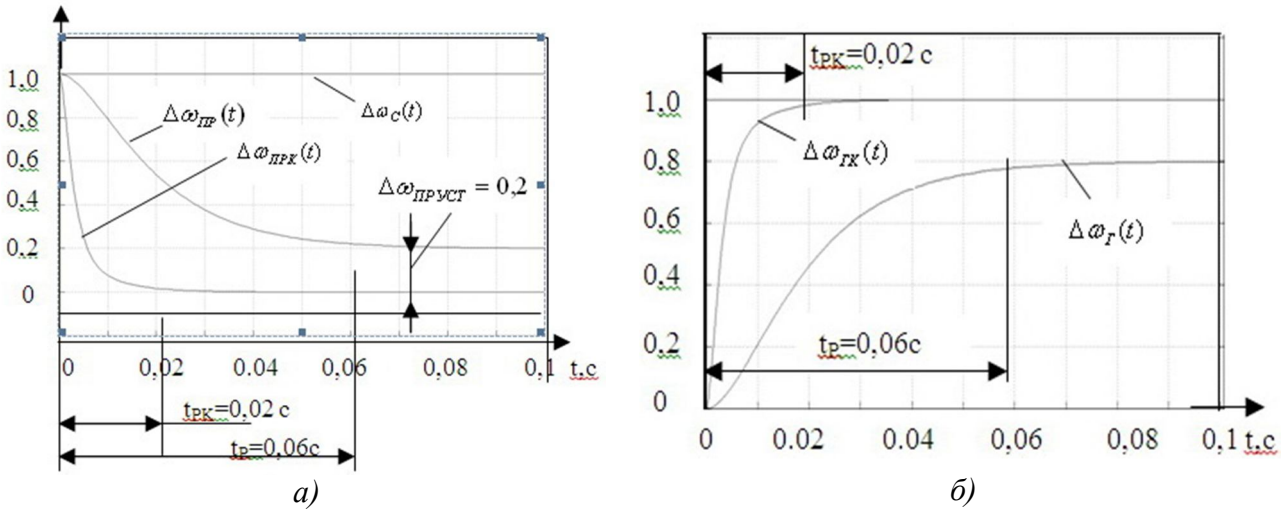


Рис. 3. Осциллограммы единичного ступенчатого возмущающего воздействия $\Delta\omega_C(t)$ системы ЧАП (рис. 2) при воздействии:
 а) ошибок $\Delta\omega_{ПР}(t)$, $\Delta\omega_{ПРК}(t)$; б) управляемых величин $\Delta\omega_G(t)$, $\Delta\omega_{ГК}(t)$.

Переходные функции систем, полученные в результате моделирования (рис. 3) с большой точностью совпадают с расчетными [1, 4]: время переходного процесса системы благодаря введению связи по возмущающему воздействию, синтезированной в соответствии с условием подавления медленно затухающей компоненты переходного процесса уменьшилось (быстродействие увеличилось) в $t_p/t_{pK} = 0,06/0,02 = 3$ раза.

При замыкании ключа К2 на вычитающие устройства $\Sigma 2$ обеих систем поступает возмущающее воздействие, изменяющееся по линейному закону $\Delta\omega_C(t) = \alpha_1 t$, где $\alpha_1 = 1,0 \text{ 1/c/c} = 1,0 \text{ 1/c}^2$. Если при этом замкнуть ключи К7, К5 и К6, то на индикатор Score1 будут поданы возмущающее воздействие $\Delta\omega_C(t)$, ошибка $\Delta\omega_{ПР}(t)$ системы ЧАП с принципом управления по отклонению и комбинированной системы. Осциллограммы сигналов изображены на рис. 4,а.

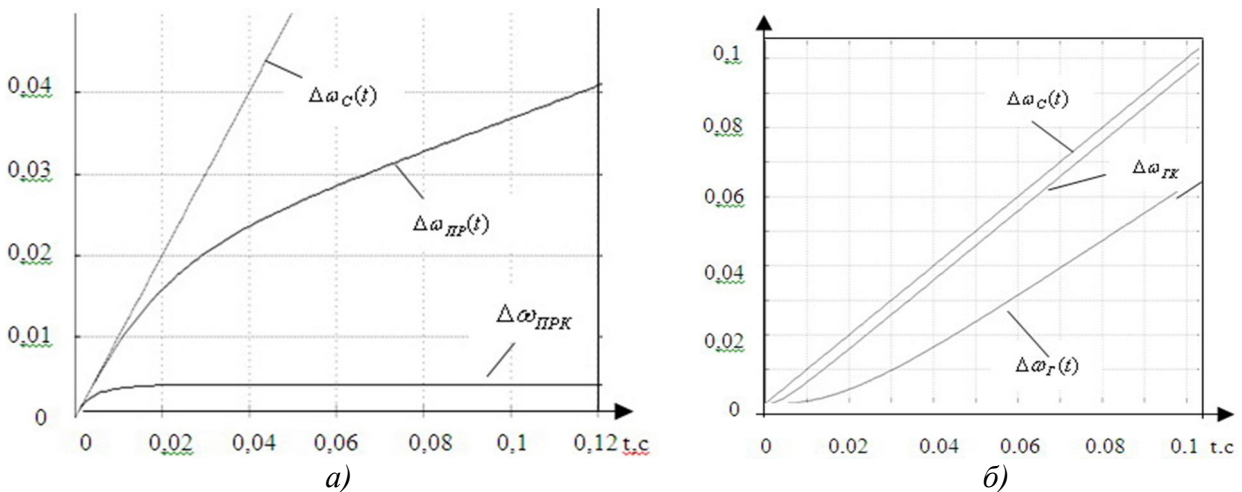


Рис.4. Осциллограммы изменяющегося по линейному закону возмущающего воздействия $\Delta\omega_C(t)$ системы ЧАП (рис. 2) при воздействии:
 а) ошибок $\Delta\omega_{ПР}(t)$, $\Delta\omega_{ПРК}(t)$; б) управляемых величин $\Delta\omega_G(t)$, $\Delta\omega_{ГК}(t)$

При замыкании ключей К7, К8 и К9 на индикатор Score 1 будут поданы возмущающее воздействие $\Delta\omega_C(t)$, управляемые величины $\Delta\omega_G(t)$ и $\Delta\omega_{ГК}(t)$ системы ЧАП с принципом управления по отклонению и комбинированной системы.

Осциллограммы сигналов изображены на рис.4,б. Осциллограммы (рис.4) подтверждают вывод о том, что благодаря введению разомкнутой связи по возмущению удается возрастающую ошибку $\Delta\omega_{\text{ПР}}(t)$ ограничить конечным значением $\Delta\omega_{\text{ПРК}}$, что практически соответствует расчетным значениям [1, 4].

При замыкании ключа К3 на вычитающие устройства $\Sigma 2$ обеих систем поступает возмущающее воздействие, изменяющееся по квадратичному закону $\Delta\omega_c(t) = \alpha_2 t^2$. Если при этом замкнуть ключи К7, К5 и К6, то на индикатор Score1 будут поданы возмущающее воздействие $\Delta\omega_c(t)$, ошибка $\Delta\omega_{\text{ПР}}(t)$ системы ЧАП с принципом управления по отклонению и ошибки $\Delta\omega_{\text{ПРК}}(t)$ комбинированной системы. Осциллограммы сигналов изображены на рис.5, а.

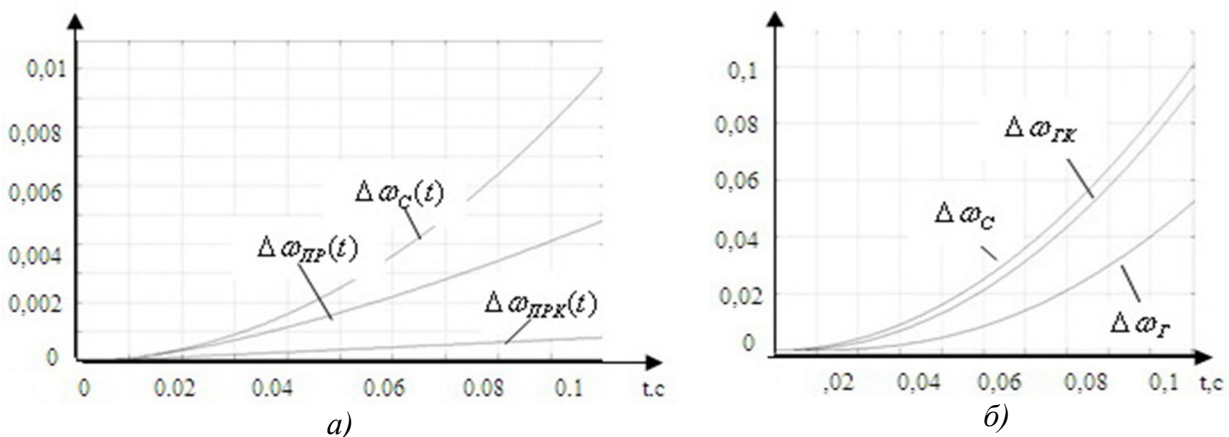


Рис.5. Осциллограммы изменяющегося по квадратичному закону возмущающего воздействия $\Delta\omega_c(t)$ системы ЧАП (рис. 2) при воздействии:

а) ошибок $\Delta\omega_{\text{ПР}}(t)$, $\Delta\omega_{\text{ПРК}}(t)$; б) управляемых величин $\Delta\omega_{\text{Г}}(t)$,

При замыкании ключей К7, К8 и К9 на индикатор Score 1 будут поданы возмущающее воздействие $\Delta\omega_c(t)$, управляемые величины $\Delta\omega_{\text{Г}}(t)$ и $\Delta\omega_{\text{ГК}}(t)$ системы ЧАП с принципом управления по отклонению и комбинированной системы. Осциллограммы сигналов изображены на рис.5,б (масштаб кривой $\Delta\omega_c(t)$ уменьшен в 3 раза).

Из рис.5 следует, что ошибка $\Delta\omega_{\text{ПР}}(t)$ исходной системы и ошибка $\Delta\omega_{\text{ПРК}}(t)$ комбинированной системы ЧАП при квадратичном законе изменения возмущающего воздействия растут во времени, стремясь к бесконечности, что подтверждает теоретические выводы [1, 4].

При замыкании ключе К4 на обе системы параллельно поступает случайное возмущающее воздействие $\Delta\omega_c$ со спектральной плотностью $S_{\text{ВХ}} = \frac{1}{\omega^2 + \beta^2}$, $\beta = 1$, которое сформировано из белого шума с помощью аperiodического звена с передаточной функцией $\frac{1}{s+1}$. В этом случае при замыкании ключей К7, К5 и К6 на индикатор Score1 будет подано возмущающее воздействие $\Delta\omega_c(t)$ и ошибки $\Delta\omega_{\text{ПР}}(t)$ и $\Delta\omega_{\text{ПРК}}(t)$ обеих систем, осциллограммы которых изображены на рис.6. Из сравнения осциллограмм ошибок $\Delta\omega_{\text{ПР}}(t)$ и $\Delta\omega_{\text{ПРК}}(t)$ следует, что с помощью введения разомкнутой связи по возмущающему воздействию удастся существенно уменьшить случайную ошибку системы.

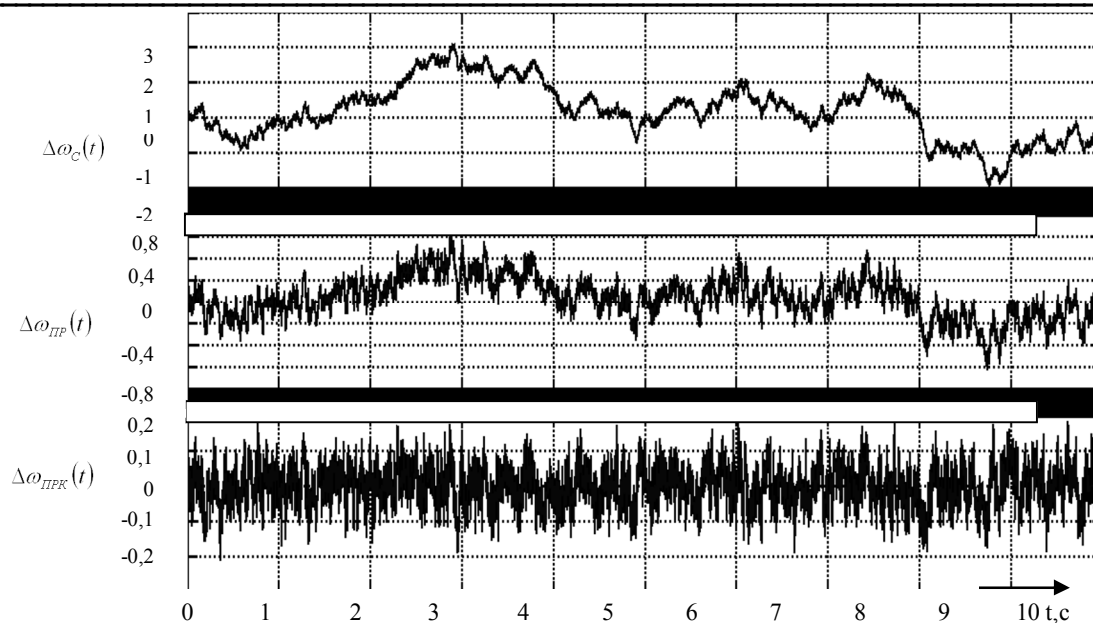


Рис.6. Осциллограммы случайного возмущающего воздействия $\Delta\omega_c(t)$, ошибки исходной $\Delta\omega_{ПР}(t)$ и ошибки $\Delta\omega_{ПРК}(t)$ комбинированной систем ЧАП

Для количественной оценки влияния разомкнутой связи на случайные ошибки $\Delta\omega_{ПР}(t)$ и

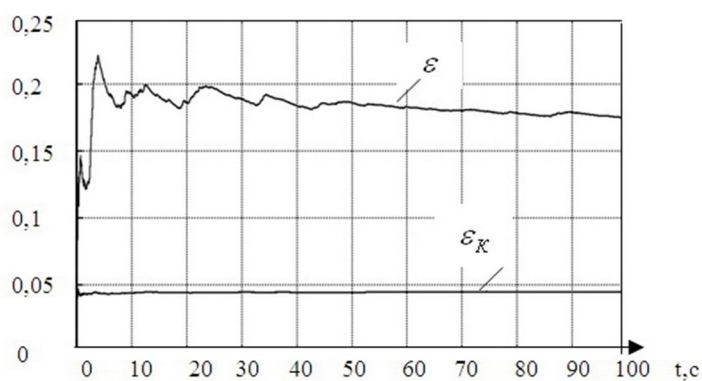


Рис. 7. Осциллограммы среднеквадратических ошибок статической системы ЧАП ε и комбинированной системы с астатизмом первого порядка ε_K

$\Delta\omega_{ПРК}(t)$ обеих систем последние через вычислительные устройства CRMS1 и CRMS2, определяющие СКО в соответствии с формулой

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \Delta\omega_{ПР}^2(t) dt}$$

подаются на индикатор Score2.

Кривая ε (рис. 7) соответствует среднеквадратическому значению ошибки исходной статической системы, а кривая ε_K – СКО комбинированной системы с астатизмом первого порядка.

Табл.1

СКО систем и их отношение	Расчетные значения	Результаты моделирования
ε	0,177	0,175
ε_K	0,04683	0,045
$\varepsilon / \varepsilon_K$	3,78	3,88

В табл. 1 приведены расчетные значения СКО ε исходной системы [1], значение СКО комбинированной системы ε_K [4] и их значения, полученные в результате моделирования (рис. 7).

Согласно табл.1 расчетные значения среднеквадратических ошибок при случайном возмущающем воздействии с большой точностью совпадают с их значениями, полученными в результате моделирования, что свидетельствует о справедливости выполненных теоретических расчетов и об эффективности метода повышения точности системы (в 3,78 раза) при случайном возмущающем воздействии с помощью разомкнутой связи по возмущающему воздействию.

При замыкании ключей К4, К7 и К8 на индикатор Score1 подаются случайное возмущающее воздействие $\Delta\omega_c(t)$ и управляемая величина $\Delta\omega_r(t)$ на выходе генератора исходной системы, осциллограммы которых изображены на рис.8,а. При замыкании ключей К4, К7 и К9 на индикатор Score1 подаются возмущающее воздействие $\Delta\omega_c(t)$ и

управляемая величина $\Delta\omega_{ГК}(t)$ на выходе генератора комбинированной системы, осциллограммы которых изображены на рис. 8,б.

Согласно рис. 8 между случайным возмущающим воздействием $\Delta\omega_C(t)$ и управляемой величиной $\Delta\omega_{Г}(t)$ на выходе генератора исходной системы имеется большее расхождение (а), чем между возмущающим воздействием $\omega_C(t)$ и управляемой величиной $\Delta\omega_{ГК}(t)$ комбинированно системы с астатизмом первого порядка.

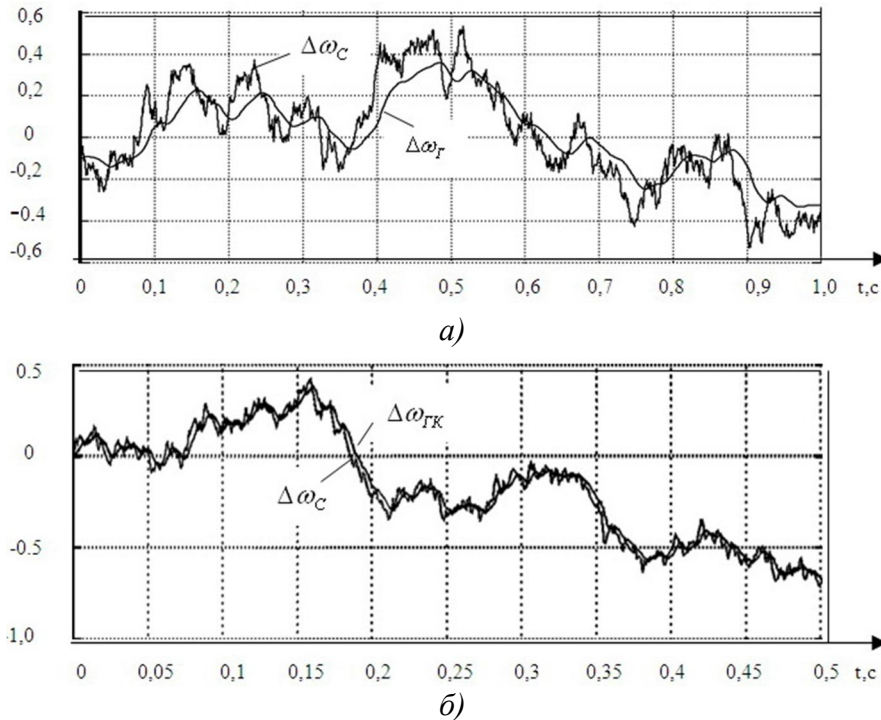


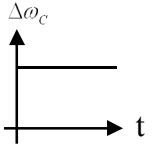
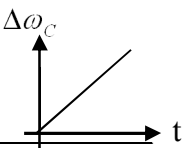
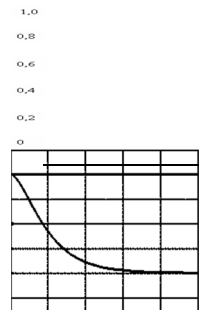
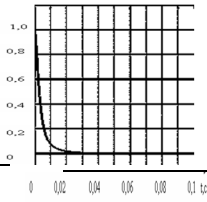
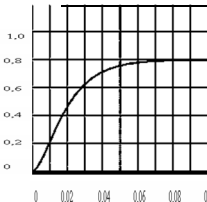
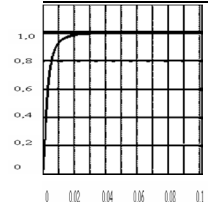
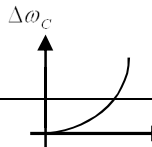
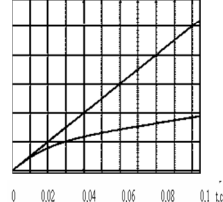
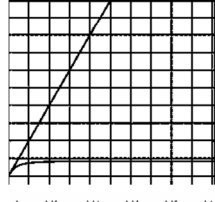
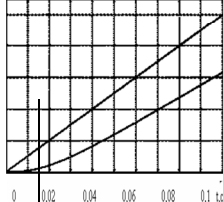
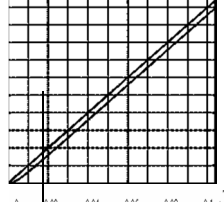
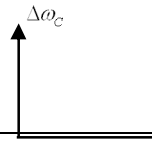
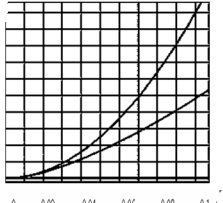
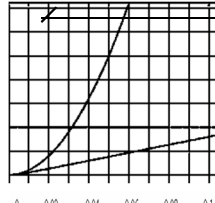
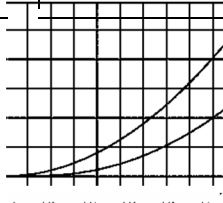
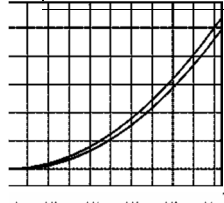
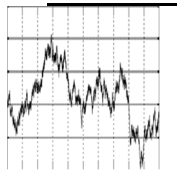
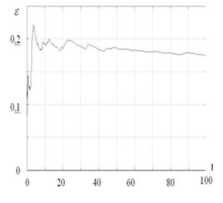
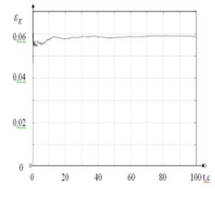
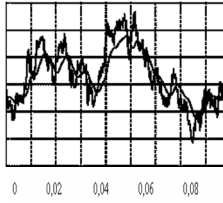
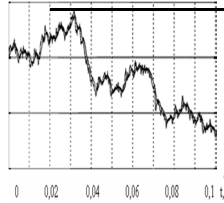
Рис. 8. Осциллограммы: а) $\Delta\omega_C(t)$ и $\Delta\omega_{Г}(t)$ статической ЧАП с принципом управления по отклонению;
б) $\Delta\omega_C(t)$ и $\Delta\omega_{ГК}(t)$ комбинированной системы ЧАП.

В сводной табл. 2 изображены осциллограммы возмущающего воздействия $\Delta\omega_C(t)$, изменяющегося по различным законам, в том числе и в виде случайной функции. Осциллограммы ошибок $\Delta\omega_{ПР}(t)$ статической системы ЧАП с принципом управления по отклонению и комбинированной системы $\Delta\omega_{ПРК}(t)$, среднеквадратических ошибок ε и ε_K , осциллограммы возмущающего воздействия $\Delta\omega_C(t)$ и управляемой величины [на входе смесителей $\Delta\omega_{Г}(t)$ и $\Delta\omega_{ГК}(t)$] обеих систем.

Таким образом, согласно рис. 6...8, табл.1 и 2, введение связи по возмущающему воздействию $\Delta\omega_C(t)$ позволяет уменьшить ошибки системы ЧАП не только при детерминированном, но и случайном изменении возмущающего воздействия.

В заключение следует отметить, что результаты моделирования на ПЭВМ существующей статической системы ЧАП, построенной на основании принципа управления по отклонению, и предложенной комбинированной системы с астатизмом первого порядка подтвердили возможность существенного уменьшения динамических, среднеквадратических ошибок и повышения быстродействия системы с помощью разомкнутой компенсационной связи по возмущающему воздействию $\Delta\omega_C(t)$ (отклонению частоты поступающего сигнала относительно номинального значения), синтезированной в соответствии с условиями преобразования статической в астатическую систему ЧАП с астатизмом первого порядка и компенсацией медленно затухающей компоненты переходного процесса.

Табл. 2

Законы изменения $\Delta\omega_c(t)$	Ошибки		Выходные сигналы	
	исходной системы $\Delta\omega_{ПР}(t)$	комбинированной системы $\Delta\omega_{ПРК}(t)$	исходной системы $\Delta\omega_{Г}(t)$	комбинированной системы $\Delta\omega_{ГК}(t)$
 				
				
				
				

Литература

1. Анализ динамических характеристик статической системы частотной автоподстройки с принципом управления по отклонению./ Г.Ф Зайцев, В.Л. Булгач, О.Н. Гниденко, Н.В. Градобоева // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. – Т.10, №2. – С.10-17.
2. Комбинированная система ЧАП с астатизмом первого порядка и повышенным быстродействием. Функциональная схема и математическая модель системы / Г.Ф Зайцев, В.Л. Булгач, О.Н. Гниденко, Т.В. Бурсова // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. –Т.10, №3. – С.25-28.
3. Синтез связи по возмущающему воздействию комбинированной системы ЧАП с астатизмом первого порядка и повышенным быстродействием / Г.Ф Зайцев, В.Л. Булгач,

О.Н. Гниденко, Т.В. Бурсова // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2012. – № 2(22). – С.10-15 .

4. Показатели качества комбинированной системы ЧАП с астатизмом первого порядка и повышенным быстродействием / Г.Ф. Зайцев, В.Л. Булгач, О.Н. Гниденко, Н.В. Градобоева // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. – Т.10, №4. – С.9-13 .

5. Зайцев Г.Ф. Радиотехнические системы автоматического управления высокой точности. / Г.Ф. Зайцев, В.К. Стеклов. –К.: Техніка, 1988. – 160 с.

6. Зайцев Г.Ф.. Синтез следящих систем высокой точности. –К.: Техніка, 1971. – 204 с.

7. Радиоавтоматика / [Г.Ф. Зайцев, Г.Н. Арсеньев, В.Г. Кривуца, В.Л. Булгач]. – К.: ООО «Д.В.К.», 2004. Т.1:– 524с. Т.2: – 476 с.

УДК 621.391:006

Ляш Т.Г. (Український науково-дослідний інститут зв'язку)

ДЕЯКІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПІДКЛЮЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОПЕРАТОРІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ДО МЕРЕЖІ СПІЛЬНОКАНАЛЬНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ № 7

Ляш Т.Г. Деякі аспекти створення нормативної бази для організації підключення технічних засобів операторів телекомунікацій до мережі спільноканальної сигналізації № 7. У статті розглянуто загальні підходи до створення нормативної бази для організації підключення технічних засобів операторів телекомунікацій до мережі спільноканальної сигналізації № 7.

Ключові слова: ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ, СПІЛЬНОКАНАЛЬНА СИГНАЛІЗАЦІЯ №7, ОПЕРАТОРИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, НОРМАТИВНА БАЗА

Ляш Т.Г. Некоторые аспекты создания нормативной базы для организации подключения технических средств операторов телекоммуникаций к сети общеканальной сигнализации № 7. В статье рассмотрены общин подходы создания нормативной базы для организации подключения технических средств операторов телекоммуникаций к сети общеканальной сигнализации № 7.

Ключевые слова: ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ, ОБЩЕКАНАЛЬНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ № 7, ОПЕРАТОРЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ, НОРМАТИВНАЯ БАЗА

Liash T.H. Some aspects of creation of normative base for organization of connecting of telecommunications operators hardwares to the network of the general channel signaling № 7. In the article considered communities approaches of creation of normative base for organization of connecting of telecommunications operators hardwares to the network of the general channel signaling № 7.

Keywords: TELECOMMUNICATIONS, GENERAL CHANNEL SIGNALING №7, TELECOMMUNICATIONS OPERATORS, NORMATIVE BASE

Особливе значення при побудові телекомунікаційної мережі приділяється організації передавання сигнальної інформації [1]. Від швидкості і надійності обміну сигнальною інформацією, від можливості розширення та від інших характеристик мережі сигналізації залежать ефективність, обсяг і якість послуг, наданих телекомунікаційною мережею.

Найбільш поширеною системою передавання сигнальної інформації в телефонній мережі загального користування (PSTN), телекомунікаційній мережі рухомого (мобільного) зв'язку загального користування (PLMN) для сучасних застосувань є спільноканальна сигналізація № 7 (СКС-7). Ця система характеризується значною економією технічних засобів, захищеністю та стабільністю функціонування, високою швидкістю передачі, гнучкістю при узгодженні з різними послугами.

СКС-7 являє собою багатоцільову спільноканальну систему сигналізації, призначену для застосування в цифрових мережах з агрегатними засобами з програмним управлінням. У зазначених засобах СКС-7 використовується для інформаційного обміну сигнальною