

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. академика С.П.Королева

Кафедра "Автоматизированные системы управления"

Лаборатория автоматизированных систем научных
исследований АН СССР

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АСНИ И ИХ КОМПОНЕНТОВ
И ОБУЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЮ АСНИ.
СИСТЕМА ИМИТАЦИИ ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Лабораторная работа № 2

Составители :

доцент Орищенко В.И.
доцент Павлов Б.Г.
доцент Пшеничников В.В.
доцент Пшеничников Д.В.
ст. инж. Давыдов К.А.

Рецензент :

доцент Короблин М.А.

Содержание

1. Теоретические основы лабораторной работы.....	3
2. Система имитации объектов автоматизации.....	7
2.1. Назначение	7
2.2. Методическое обеспечение	10
2.3. Техническое обеспечение	17
2.4. Программное обеспечение	19
2.5. Информационное обеспечение	22
3. Исследование точностных характеристик подсистемы имитации динамических аналоговых сигналов.	25
3.1. Общая структура априорных моделей погрешностей имитации динамических аналоговых сигналов	26
3.2. Декомпозиция задачи исследования	27
3.3. Определение предельных значений статических составляющих погрешностей имитации	28
3.3.1. Концептуальная модель подсистемы имитации динамических аналоговых сигналов в статическом режиме	28
3.3.2. Экспериментальное определение предельных значений статических составляющих погрешностей имитации	29
3.4. Определение предельных значений динамических составляющих погрешностей имитации	30
3.4.1. Концептуальные модели времён выполнения операций процедуры обмена с ЦАПами	31
3.4.2. Экспериментальное определение времён выполнения операций процедуры обмена с ЦАПами	32
3.4.3. Расчёт предельных значений динамических составляющих погрешностей имитации	32
4. Порядок выполнения лабораторной работы	32
5. Контрольные вопросы	34
Список сокращений	35
Литература	36
Приложение. Краткие сведения о модулях КАМАК	37

Цель лабораторной работы :

- изучить принципы построения системы имитации объектов автоматизации;
- исследовать точностные характеристики подсистемы имитации динамических аналоговых сигналов.

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Создание автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) представляет собой сложный итерационный процесс /1/. В процессе разработки АСНИ возникает необходимость поэтапной отработки проектных решений их компонентов, представляющих собой функциональные подсистемы /2/, программные процедуры, устройства сопряжения с объектом (УСО, и т.д. При отработке компонентов в общем случае решаются два класса задач:

1. Выбор проектных решений по компонентам АСНИ и отладка компонентов с целью обеспечения реализации ими требуемого алгоритма функционирования АСНИ.

2. Выбор проектных решений по компонентам АСНИ и оценивание их количественных характеристик с целью обеспечения требований технического задания по показателям качества АСНИ в целом.

Для решения этих задач широко используются методы и средства имитации внешней среды обрабатываемого компонента /3/. Под внешней средой компонента понимается то окружение, с которым он взаимодействует в процессе функционирования и которое влияет на его характеристики.

Необходимость применения имитаторов внешней среды возникает в следующих случаях:

1. Процесс разработки обрабатываемого компонента АСНИ опережает разработку других компонентов, с которыми он взаимодейст-

вует в процессе функционирования.

2. Отработка компонента в составе реальной АСНИ невозможна, так как при этом могут возникнуть трудно прогнозируемые аварийные ситуации.

3. Отработка компонента в составе реальной АСНИ экономически нецелесообразна.

4. Возникает необходимость оценить технические характеристики разработанных компонентов на различных стадиях создания АСНИ (см. Табл. I /2/).

В зависимости от типа обрабатываемого компонента имитация его внешней среды может осуществляться на различных уровнях автоматизированного исследовательского комплекса, включающего объект исследования, технологическую установку и АСНИ (см. Рис. I; сравни с Рис. 2 /2/). На рисунке I обозначено:

ОП - объект исследований;

ЭС - экспериментальная среда;

ТУ - технологическая установка;

Д - датчик;

СУ - согласующее устройство;

АЦП - аналого-цифровой преобразователь;

И - интерфейс;

ВХР - входной регистр;

ВР - выходной регистр;

УК - устройство контроля;

ИУ - исполнительное устройство;

$\bar{X}_{об}$ - измеряемые параметры объекта исследований;

$\bar{X}_{эс}$, $\bar{X}_{ту}$ - измеряемые и контролируемые параметры экспериментальной среды и технологической установки;

$\bar{Z}_{об}$, $\bar{Z}_{ту}$ - управления, реализуемые подсистемой контроля и управления АСНИ.

Уровни имитации внешней среды АСНИ и ее компонентов

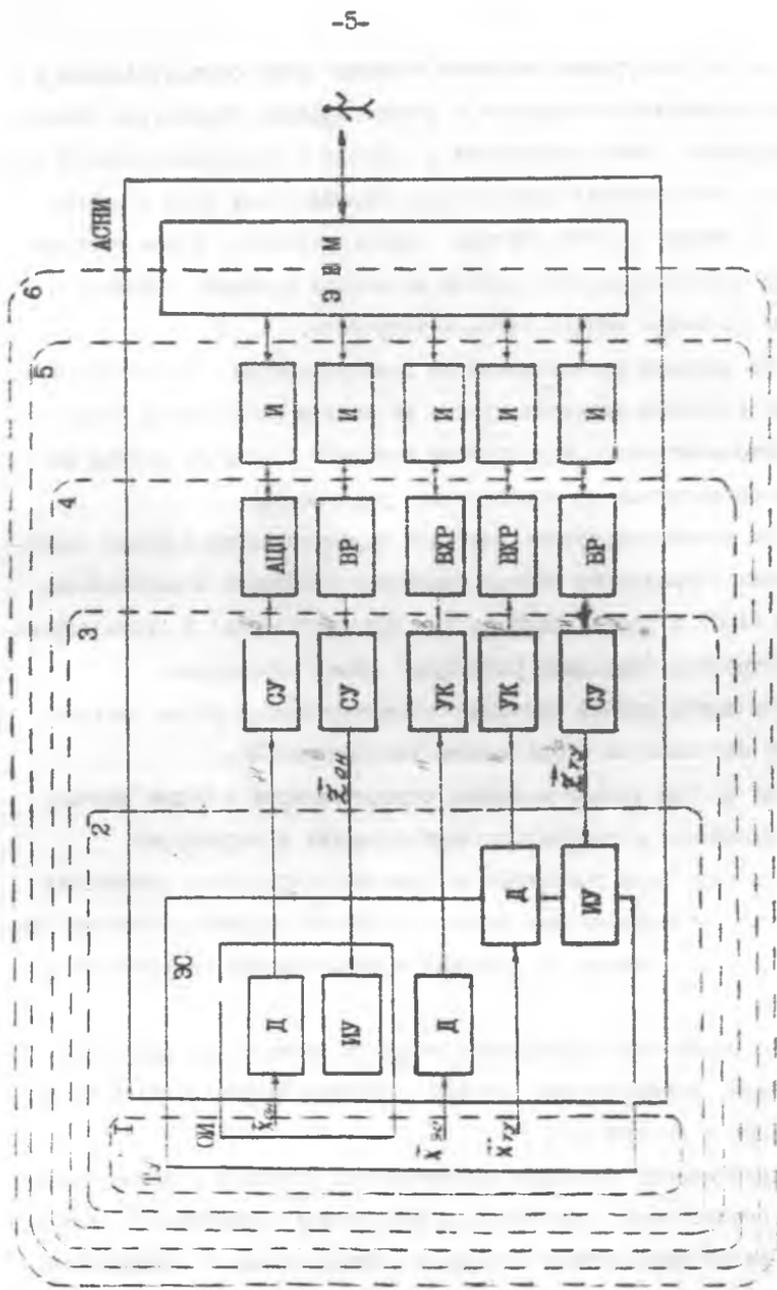


Рис. 1

На первом уровне имитация внешней среды осуществляется в форме физических измеряемых и контролируемых параметров объекта исследований, технологической установки и экспериментальной среды, т.е. по существу имитируется внешняя среда АСНИ в целом.

На втором уровне имитация осуществляется в форме электрических сигналов низкого уровня на выходе датчиков и высокого уровня на входе исполнительных устройств.

На третьем уровне имитация осуществляется в форме электрических сигналов высокого уровня на выходе согласующих устройств измерительных цепей и устройств контроля и низкого уровня на входе согласующих устройств цепей управления.

На четвертом уровне имитация осуществляется в форме электрических сигналов на выходе оконечных устройств измерительных цепей (АЦП) и цепей контроля (входных регистров) и входе первичных устройств (выходных регистров) цепей управления.

На пятом уровне имитация осуществляется в форме электрических сигналов на входе-выходе интерфейса УСО.

На шестом уровне имитация осуществляется в форме данных, представленных в соответствующих форматах и структурах.

По характеру поведения по времени имитируемые физические параметры, электрические сигналы и данные подразделяются на статические (постоянные по времени) и динамические (переменные по времени).

По множеству принимаемых значений имитируемые физические параметры, электрические сигналы и данные подразделяются на непрерывные и дискретные.

Практически имитация электрических сигналов и данных более легко осуществима, чем имитация физических параметров. Для этих целей могут применяться следующие универсальные и специализированные средства:

- аналоговые вычислительные машины;
- аналого-цифровые вычислительные машины;
- цифровые вычислительные машины с УСО, в состав которого входят стандартные или специализированные программно-управляемые устройства для воспроизведения электрических сигналов.

2. СИСТЕМА ИМИТАЦИИ ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Система имитации объектов автоматизации (СИМОА) входит в состав автоматизированного комплекса для оценивания характеристик АСНИ и их компонентов (АК-01) /2/.

2.1. Назначение

СИМОА предназначена для имитации внешней среды компонентов АСНИ в виде контролируемых и управляемых воздействий (факторов) V_{kv} (см. Рис.4 /2/), представленных в следующих формах :

- образцовых статических аналоговых сигналов напряжений;
- динамических аналоговых сигналов напряжений;
- сигналов прерываний;
- целых и вещественных переменных.

Воспроизведение образцовых статических аналоговых сигналов напряжений, динамических аналоговых сигналов напряжений и сигналов прерываний соответствует имитации внешней среды обрабатываемых компонентов на третьем уровне, а воспроизведение целых и вещественных переменных на шестом уровне (см. Рис. 1).

Перечисленные выше функции реализуются отдельными подсистемами СИМОА. Объектом исследования в настоящей лабораторной ра-

боте является подсистема имитации динамических аналоговых сигналов (ПСИМДАС).

ПСИМДАС предназначена для имитации K динамических аналоговых сигналов напряжений на выходах программно-неуправляемых частей измерительных цепей (ПНИЦ) (см. Рис.2)

$$U_{nR}(t) \in D_{un} = [U_{n\min}, U_{n\max}], \quad k = \overline{1, K}; \quad (2.1)$$

где D_{un} - номинальный диапазон изменений напряжений $U_{nR}(t)$,
 $k = \overline{1, K}$;

$U_{n\min}, U_{n\max}$ - пределы изменений напряжений $U_{nR}(t)$, $k = \overline{1, K}$.

ПНИЦ входят в состав K однородных программно-аппаратных измерительных каналов, осуществляющих измерение динамических параметров

$$X_k(t) \in D_x = [X_{\min}, X_{\max}], \quad k = \overline{1, K}; \quad (2.2)$$

где D_x - диапазон измерений,

X_{\min}, X_{\max} - пределы измерений.

Режим функционирования ПНИЦ квазистатический, т.е. динамическая составляющая погрешности ПНИЦ пренебрежимо мала и, следовательно, номинально ПНИЦ осуществляют преобразование

$$U_{nR}(t) = f_n(X_k(t)) \in D_{un}, \quad k = \overline{1, K}; \quad (2.3)$$

где $f_n(\cdot)$ - номинальная статическая функция преобразования ПНИЦ, которая является монотонно возрастающей.

Если $f_n(\cdot)$ - линейная функция, т.е.

$$U_{nR}(t) = \sigma_{0n} + \sigma_{1n} X_k(t), \quad k = \overline{1, K}; \quad (2.4)$$

то коэффициенты σ_{0n} и σ_{1n} определяются из соотношений

$$\sigma_{0n} = \frac{U_{n\min} X_{\max} - U_{n\max} X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad (2.5)$$

$$\sigma_{1n} = \frac{U_{n\max} - U_{n\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

Структура КТС системы измерений

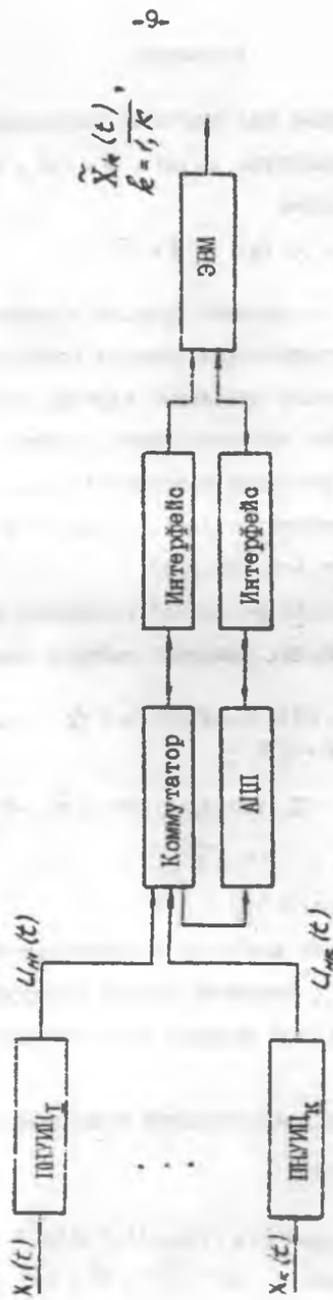


Рис. 2

2.2. Методическое обеспечение

Исходными данными для имитации напряжений (2.1) являются :

I. Измеряемые параметры $X_k(t)$, $k = \overline{1, K}$, заданные явными аналитическими выражениями

$$X_k(t) = Y_k(t), \quad k = \overline{1, K}, \quad (2.6)$$

где $Y_k(t)$, $k = \overline{1, K}$ - заданные функции времени.

2. Номинальные статические функции преобразования ПНУИЦ $f_N(\cdot)$.

Рассмотрим сначала идеальный случай, когда ПСИМДАС точно реализует номинальные преобразования, осуществляемые над исходными данными с целью имитации напряжений $U_{nk}(t)$, $k = \overline{1, K}$.

Имитация напряжений $U_{nk}(t)$, $k = \overline{1, K}$ в ПСИМДАС производится программно-аппаратно (см. Рис. 3, 4).

Программно ПСИМДАС реализует следующие функции:

I. Расчет номинальных значений выборок имитируемых напряжений

$$U_{nk}(t_{njk}) = f_N(X_k(t_{njk})) = f_N(Y_k(t_{njk})) \in D_{U_{nk}}, \quad (2.7)$$

$$n = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K};$$

где $t_{njk} = t_{nik} + T_{0n}(n-1)$, $n = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$; (2.8)

$$t_{nik} = T_{1n} k, \quad k = \overline{1, K}; \quad (2.9)$$

$$T_{0n} = T_{1n}(K-1) + T_{1n}' \quad (2.10)$$

- номинальные значения моментов воспроизведения выборок $U_{nk}(t_{njk})$ напряжений $U_{nk}(t)$, моментов начала воспроизведения имитируемых напряжений $U_{nk}(t)$ и периода дискретизации напряжений $U_{nk}(t)$ соответственно.

2. Расчет кодовых представлений номинальных значений выборок напряжений $U_{nk}(t_{njk})$

$$\begin{aligned} \bar{U}_{nk}(t_{njk}) &= f_{k0n}(U_{nk}(t_{njk})) \in D_{\bar{U}_{nk}} = \\ &= \bar{U}_{nkmin}, \bar{U}_{nkmax}, \quad n = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K}; \end{aligned} \quad (2.11)$$

Функциональная схема ПСИМДАС

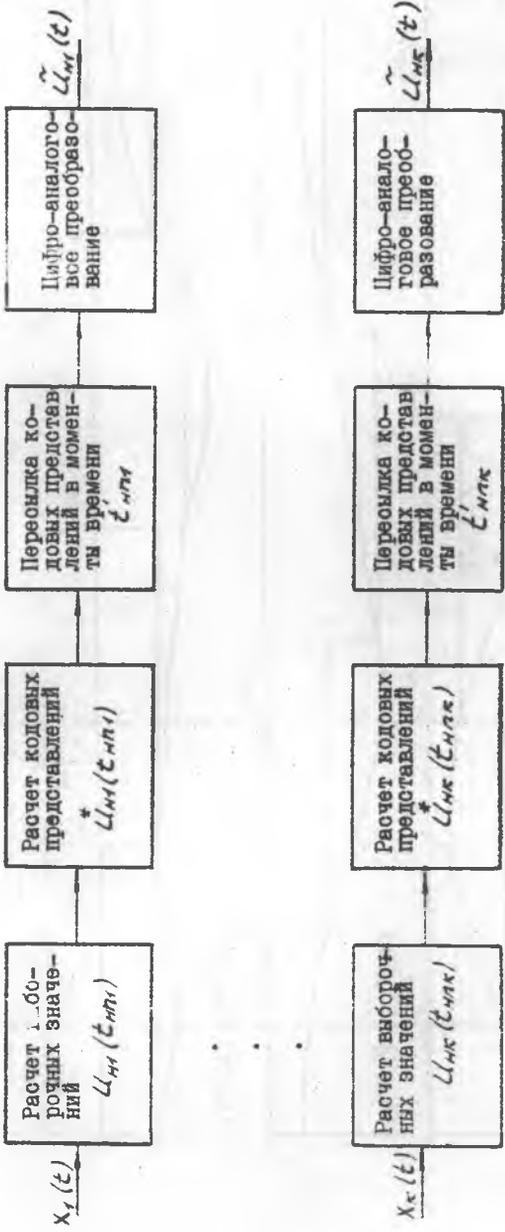


Рис. 3

Временная диаграмма процесса квантизации динамических аналоговых сигналов
(при $K=3$)

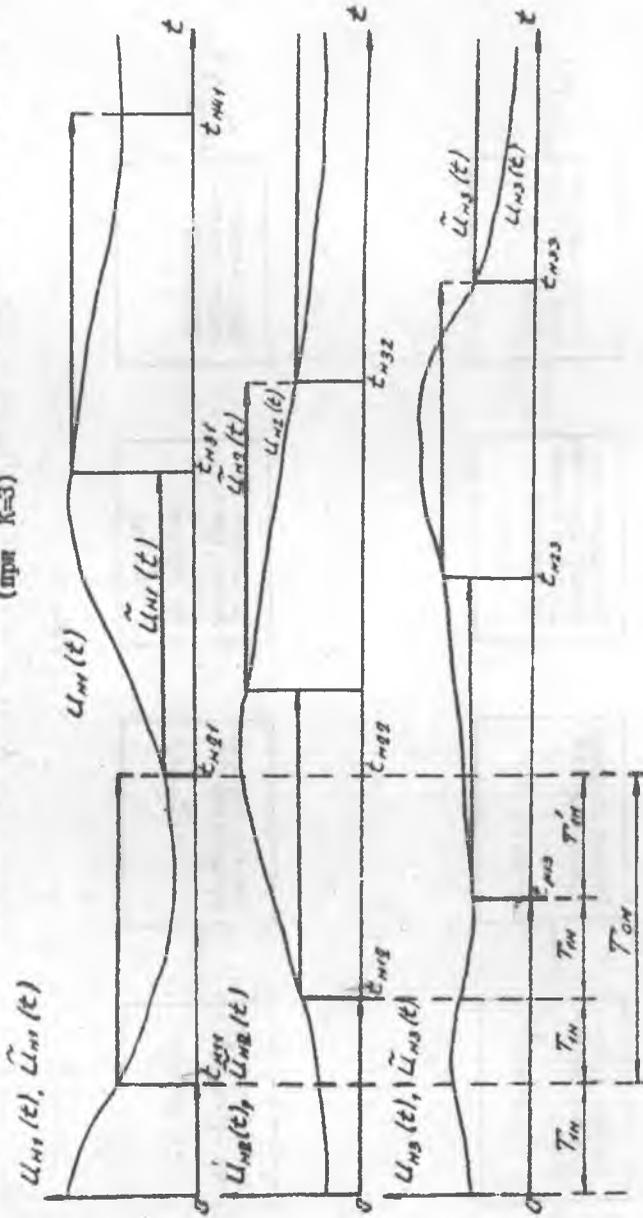


Рис. 4

где $f_{квн}()$ - номинальная функция квантования, определяемая выражением

$$f_{квн}(Y) = \text{int} \left(\frac{Y}{h} \right) \quad (2.12)$$

или

$$f_{квн}(Y) = \text{int} \left(\frac{Y + 0,5h}{h} \right); \quad (2.13)$$

$\text{int}(z)$ - целая часть числа z ;

$$h = U_{цАП\text{нmax}} / (2^R - 1) \quad (2.14)$$

- номинальная цена младшего разряда цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП), используемых в ПСИМДАС;

$U_{цАП\text{нmax}}$ - номинальное значение максимального напряжения на выходе ЦАП;

R - число двоичных разрядов ЦАП;

$D_{\text{цАП}}$ - диапазон изменений кодовых представлений $U_{нк}(t_{нк})$;

$U_{\text{нmin}}, U_{\text{нmax}}$ - предельные значения кодовых представлений $U_{нк}(t_{нк})$.

Здесь предполагается, что номинальные диапазоны изменений кодов на входе ЦАПов и напряжений на их выходе равны соответственно

$$D_{\text{цАП}} = [U_{\text{цАПнmin}}, U_{\text{цАПнmax}}], \quad (2.15)$$

$$D_{\text{инцАП}} = [0, U_{\text{цАПнmax}}], \quad (2.16)$$

причем должно выполняться

$$D_{\text{цАП}} \subset D_{\text{инцАП}}, \quad (2.17)$$

$$D_{\text{ин}} \subset D_{\text{инцАП}}. \quad (2.18)$$

3. Последовательная пересылка кодовых представлений $U_{нк}(t_{нк})$ в ЦАПы в моменты времени $t_{нк}$. Моменты $t_{нк}$ соответствуют моментам начала выполнения программных операций пересылки кодовых представлений $U_{нк}(t_{нк})$ в ЦАПы.

Аппаратно ПСИЦАС реализует функцию преобразования кодовых представлений $\dot{U}_{nK}(t_{nпK})$ в напряжения

$$\bar{U}_{nK}(t) = \bar{U}_{nK}(t_{nпK}) = f_{цАПn}(\dot{U}_{nK}(t_{nпK})) \in \mathcal{D}_{un}, \quad (2.19)$$

$$t \in [t_{nпK}, t_{nп(K+1)K}), \quad n = \overline{1, N}, \quad K = \overline{1, N}; \quad (2.20)$$

$$\text{где } f_{цАПn}(\dot{U}_{nK}(t_{nпK})) = h \dot{U}_{nK}(t_{nпK}) \quad (2.21)$$

- номинальная статическая функция преобразования ЦАПов. Напряжения (2.19) поддерживаются на выходе ЦАПов на интервалах (2.20) до моментов $t_{nп(K+1)K}$ воспроизведения ЦАПами последующих выборок $\dot{U}_{nK}(t_{nп(K+1)K})$ напряжений $U_{nK}(t)$.

В формуле (2.19) предполагается, что ЦАПы осуществляют преобразование кодовых представлений $\dot{U}_{nK}(t_{nпK})$ в выборки напряжений $U_{nK}(t_{nпK})$ практически мгновенно, т.е. когда переходными процессами, возникающими на выходе ЦАПов при подаче очередных кодовых представлений $\dot{U}_{nK}(t_{nпK})$ можно пренебречь.

Это допустимо, когда, например, выполняется

$$T_{цАП} = f_{цАП}^{-1} \ll T_{он}, \quad (2.22)$$

где $T_{цАП}$ и $f_{цАП}$ - соответственно время и частота преобразования ЦАП.

Из сделанного предположения следует, что на интервалах времени

$$[t_{n\pi k}^i, t_{n\pi k}^k], \quad n = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K}, \quad (2.23)$$

выполняются следующие действия:

1. Пересылки кодовых представлений $\tilde{U}_{n\pi k}(t_{n\pi k}^k)$ в ЦАПы.
2. Преобразования ЦАПами кодовых представлений $\tilde{U}_{n\pi k}(t_{n\pi k}^k)$ в выборки напряжений $U_{n\pi k}(t_{n\pi k}^k)$.

Номинально ПСИМДАС в целом должна осуществлять преобразования

$$\begin{aligned} \tilde{U}_{n\pi k}(t) &= \tilde{U}_{n\pi k}(t_{n\pi k}^k) = f_{\text{имит}}(X_k(t_{n\pi k}^k)) = \\ &= f_{\text{ЦАП}}(f_{\text{кван}}(f_n(X_k(t_{n\pi k}^k)))) \in D_{\text{им}}, \quad (2.24) \\ t &\in [t_{n\pi k}^k, t_{n(\pi+1)k}^k], \quad n = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K}, \end{aligned}$$

представляющие собой суперпозицию номинальных преобразований (2.7), (2.11), (2.19). Из (2.24) следует, что имитируемые напряжения $\tilde{U}_{n\pi k}(t)$ отличны от номинальных $U_{n\pi k}(t)$ даже в случае идеальной реализации функций ПСИМДАС. Это связано с наличием операции квантования $f_{\text{кван}}(\)$, которая и является взаимно-однозначной.

Реально ПСИМДАС осуществляет преобразования, которые отличны от номинальных (2.7), (2.11), (2.19), (2.24). Причины этого две:

1. Наличие инструментальных погрешностей программных и аппаратных компонентов ПСИМДАС, реализующих приведенные выше функции.
2. Отличие истинных моментов скачков напряжений на выходе ЦАПов от номинальных $t_{n\pi k}^k$.

Следовательно, значения имитируемых ПСИМДАС напряжений $U_k(t)$, $k = \overline{1, K}$ отличны от номинальных $U_{n\pi k}(t)$, $k = \overline{1, K}$. С учетом сделанного выше допущения о мгновенном цифро-аналоговом преобразовании истинные преобразования, реализуемые ПСИМДАС и соответствующие номинальным преобразованиям (2.7), (2.11), (2.19), (2.24), имеют вид

$$U_k(t_{n\pi k}^k) = f(X_k(t_{n\pi k}^k)) = f(\varphi_k(t_{n\pi k}^k)) =$$

$$= f_N(X_R(t_{n\bar{n}k})) + \Delta(X_R(t_{n\bar{n}k})) , \quad n = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K}; \quad (2.25)$$

$$\dot{U}_R(t_{n\bar{n}k}) = f_{\dot{K}B}(U_R(t_{n\bar{n}k})) = \quad (2.26)$$

$$= f_{\dot{K}BN}(U_R(t_{n\bar{n}k})) + \Delta_{\dot{K}B}(U_R(t_{n\bar{n}k})) , \quad n = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K};$$

$$U_R(t) = U_R(t_{n\bar{n}k})|_{t_{n\bar{n}k} = t_{nk}} = f_{\dot{U}n\bar{n}k}(\dot{U}_R(t_{n\bar{n}k}))|_{t_{n\bar{n}k} = t_{nk}} = \quad (2.27)$$

$$= [f_{\dot{U}n\bar{n}n}(\dot{U}_R(t_{n\bar{n}k})) + \Delta_{\dot{U}n\bar{n}k}(\dot{U}_R(t_{n\bar{n}k}))]|_{t_{n\bar{n}k} = t_{nk}} , \\ t \in [t_{nk}, t_{(n+1)k}) , \quad n = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K};$$

$$U_R(t) = U_R(t_{n\bar{n}k})|_{t_{n\bar{n}k} = t_{nk}} = \quad (2.28)$$

$$= f_{\text{им}k}(X_R(t_{n\bar{n}k}))|_{t_{n\bar{n}k} = t_{nk}} =$$

$$= [f_{\text{им}n}(X_R(t_{n\bar{n}k})) + \Delta_{\text{сп}k}(X_R(t_{n\bar{n}k}))]|_{t_{n\bar{n}k} = t_{nk}} =$$

$$= [U_{nk}(t_{n\bar{n}k}) + \Delta_{\text{сп}k}(X_R(t_{n\bar{n}k}))]|_{t_{n\bar{n}k} = t_{nk}} =$$

$$= f_{\dot{U}n\bar{n}k}(f_{\dot{K}B}(f(X_R(t_{n\bar{n}k}))))|_{t_{n\bar{n}k} = t_{nk}} ;$$

$$t \in [t_{nk}, t_{(n+1)k}) , \quad n = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K};$$

где $f()$, $f_{\dot{K}B}()$, $f_{\dot{U}n\bar{n}k}()$, $k = \overline{1, K}$ - истинные функции преобразования компонентов ПСИМДАС,

$\Delta()$, $\Delta_{\dot{K}B}()$, $\Delta_{\dot{U}n\bar{n}k}()$, $k = \overline{1, K}$ - инструментальные погрешности компонентов ПСИМДАС,

$f_{\text{им}k}()$, $k = \overline{1, K}$ - истинные функции преобразования ПСИМДАС,

$\Delta_{\text{сп}k}()$, $k = \overline{1, K}$ - погрешности воспроизведения выборок $U_{nk}(t_{n\bar{n}k})$ в статическом режиме функционирования ПСИМДАС.

В (2.28) и далее запись

$$U_R(t_{n\bar{n}k})|_{t_{n\bar{n}k} = t_{nk}}$$

означает, что значения выборок имитируемых напряжений $U_k(t_{нк})$, рассчитанные в соответствии с (2.25) для номинальных моментов времени $t_{нк}$, реально воспроизводятся ЦАПами в моменты времени $t_{нк}$.

Погрешности $\Delta_{фк}(\cdot)$, $k=\overline{1, K}$ являются статическими по следующим причинам:

- инструментальные погрешности программных компонентов $\Delta(\cdot)$, $\Delta_{кв}(\cdot)$ имеют только статическую составляющую;
- динамической составляющей погрешностей цифро-аналоговых преобразований пренебрегли ранее, т.е. инструментальные погрешности ЦАПов $\Delta_{цпк}(\cdot)$, $k=\overline{1, K}$ также имеют только статическую составляющую.

2.3. Техническое обеспечение

ПСИМДАС реализована на базе измерительно-вычислительного комплекса ИВК-2 и аппаратуры КАМАК. Основные характеристики применяемых КАМАК-модулей приведены в Приложении.

Структурная схема комплекса технических средств ПСИМДАС приведена на рисунке 5. В ПСИМДАС используется один крейт КАМАК. Поскольку один модуль ШАППО содержит два цифро-аналоговых преобразователя, то для имитации K ПНУИЦ необходимо K' модулей ШАППО:

$$K' = \text{int}[(K+1)/2]. \quad (2.29)$$

Преобразователь напряжений 058 обеспечивает питание модулей ШАППО по линии питания ± 12 В.

Структурная схема КТС ПСИМДЛАС

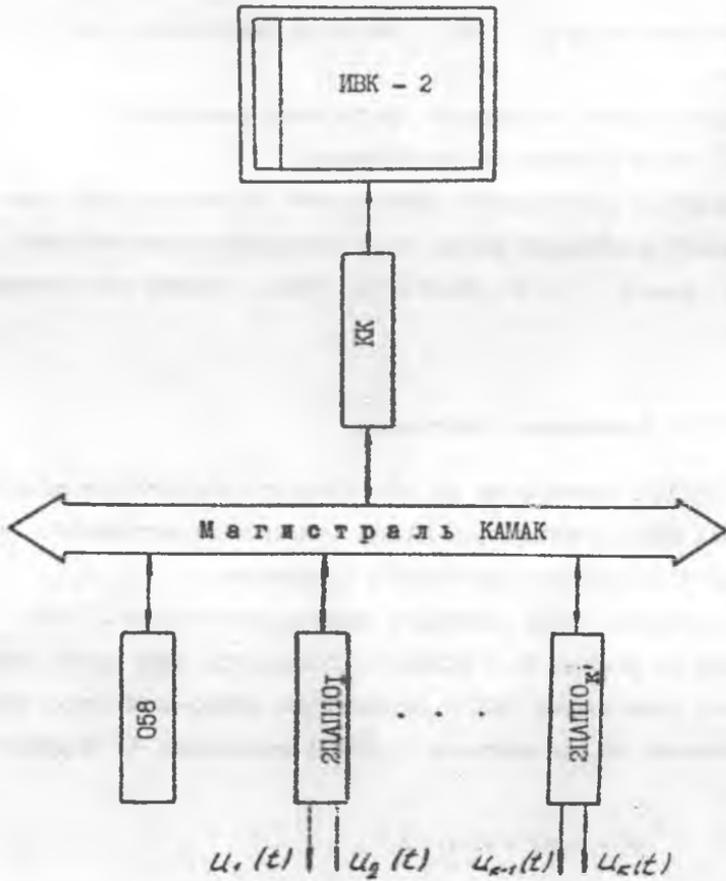


Рис. 5

2.4. Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) ПСИМДАС реализует следующие функции:

1. Расчет значений выборок $U_k(t_{n\pi k})$, $\pi = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$ имитируемых напряжений $U_k(t)$, $k = \overline{1, K}$ в соответствии с (2.25).

2. Расчет кодовых представлений $\dot{U}_k(t_{n\pi k})$, $\pi = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$ выборок напряжений $U_k(t_{n\pi k})$, $\pi = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$ в соответствии с (2.26) и формирование K массивов кодовых представлений

$$\dot{U}_k = \{ \dot{U}_{n\pi k} \}_{\pi = \overline{1, N}}, \quad k = \overline{1, K} \quad (2.30)$$

где $\dot{U}_{n\pi k} = \dot{U}_k(t_{n\pi k})$.

3. Пересылку кодовых представлений $\dot{U}_k(t_{n\pi k})$, $\pi = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$, в ЦАПы в моменты времени $t_{n\pi k}$, $\pi = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$.

С целью уменьшения длительностей интервалов времени (2.23) при реализации ПО ПСИМДАС применяются следующие приемы:

1. Формирование массивов кодовых представлений \dot{U}_k , $k = \overline{1, K}$ осуществляется предварительно до непосредственной реализации процесса имитации, т.е. не в реальном времени. В реальном времени выполняется лишь функция пересылки кодовых представлений $\dot{U}_k(t_{n\pi k})$ в ЦАПы, которая реализуется процедурой обмена с ЦАПами.

2. В процедуре обмена с ЦАПами предварительно выполняются функции 1...4 (см ниже).

3. ПО является ОЗУ - резидентным.

На реализацию временной диаграммы процесса имитации оказывают влияние только времена выполнения функций ПСИМДАС, реализуемых в реальном времени. Таковой является функция пересылки кодовых представлений в ЦАПы. Поэтому рассмотрим более подробно процедуру обмена с ЦАПами, реализующую эту функцию.

Схема процедуры обмена с ЦАПами приведена на рисунке 6.

Схема процедуры обмена с ЦАПами

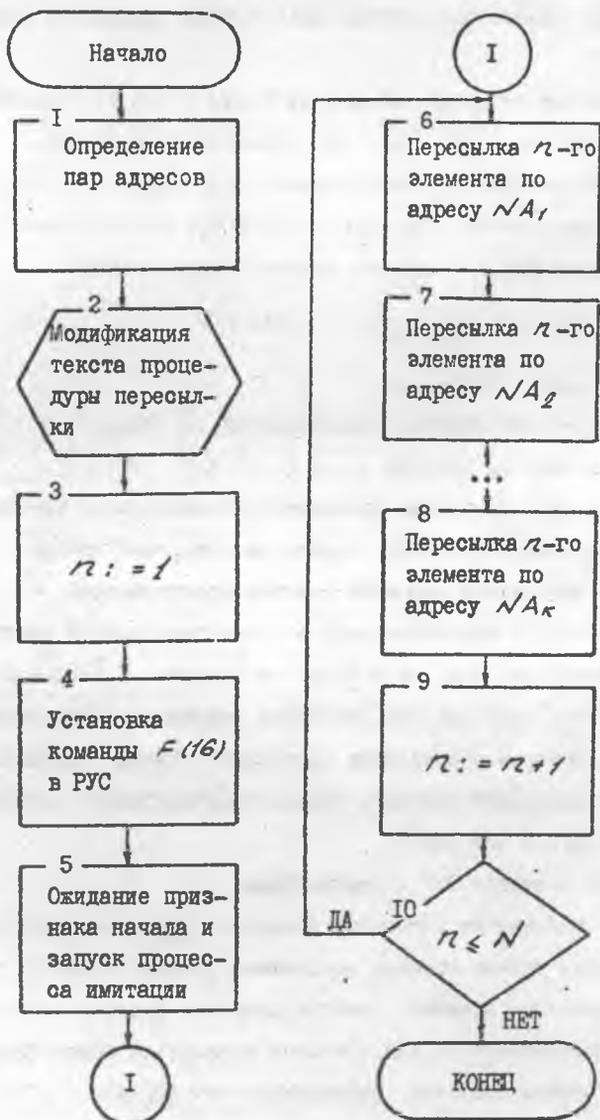


Рис. 6

Процедура запускается подсистемой управления ПСИМДАС и реализует следующие функции:

1. Определение пар адресов массивов кодовых представлений и соответствующих адресов входных регистров ЦАПов

$$\langle \dot{U}_k, NA_k \rangle, \quad k = \overline{1, K}, \quad (2.31)$$

где \dot{U}_k - адрес (имя) k -го массива кодовых представлений (2.30).

NA_k - адрес k -го входного регистра ЦАПов.

2. Модификация текста процедуры пересылки кодовых представлений. Эта операция состоит в записи в текст процедуры K команд пересылки n -ых элементов $\dot{U}_{nk}, n = \overline{1, N}, k = \overline{1, K}$, массивов кодовых представлений $\dot{U}_k, k = \overline{1, K}$ по соответствующим адресам входных регистров ЦАПов $NA_k, k = \overline{1, K}$.

3. Установка номера $n := 1$ элементов $\dot{U}_{nk}, n = \overline{1, N}, k = \overline{1, K}$, в массивах кодовых представлений $\dot{U}_k, k = \overline{1, K}$.

4. Установка команды записи $F(16)$ в регистр управления и состояния (PUC) контроллера крейта.

5. Ожидание признака начала и запуск процесса имитации в момент времени $t = 0$, соответствующий условному нулю.

6. Пересылка n -го элемента $\dot{U}_{n1}, n = \overline{1, N}$, массива кодовых представлений \dot{U}_1 в регистр 1-го ЦАПа с адресом NA_1 .

7. Пересылка n -го элемента $\dot{U}_{n2}, n = \overline{1, N}$, массива кодовых представлений \dot{U}_2 в регистр 2-го ЦАПа с адресом NA_2 .

8. Пересылка n -го элемента $\dot{U}_{nk}, n = \overline{1, N}, k = \overline{1, K}$, массива кодовых представлений \dot{U}_k в регистр k -го ЦАПа с адресом NA_k .

9. Изменение номера $n := n + 1$ элементов $\dot{U}_{nk}, k = \overline{1, K}$, в массивах кодовых представлений $\dot{U}_k, k = \overline{1, K}$.

10. Проверка условия завершения цикла $n \leq N$.

Временная диаграмма процесса выполнения процедуры обмена с ЦАПами в реальном времени приведена на рисунке 7. На нем не изображены времена выполнения подготовительных операций нереального времени. На первых трех временных осях (Рис.7) приведены времена выполнения операций пересылки по каналам $\overline{1...3}$, а на четвертой - времена проверки условия $n \leq N$. Из приведенной временной диаграммы видно, что моменты запуска операций пересылки кодовых представлений

$$t_{n\overline{k}} = \begin{cases} t_{n(\overline{k}-1)} & , \text{ если } \overline{k} = \overline{2, K} \\ t_{(n-1)\overline{k}} + T_2 & , \text{ если } \overline{k} = \overline{1} \end{cases} \quad (2.32)$$

где T_2 - время проверки условия $n \leq N$ в случае, когда это условие выполняется.

2.5. Информационное обеспечение

Структура информационного обеспечения ПСИМДАС приведена на рисунке 8.

Входными данными ПСИМДАС являются:

1. Число K имитируемых напряжений на выходах ПНУИЦ $U_{\overline{k}}(t)$, $\overline{k} = \overline{1, K}$.
2. Функции $\varphi_{\overline{k}}(t)$, $\overline{k} = \overline{1, K}$, (см. (2.6)).
3. Номинальные статические функции преобразования ПНУИЦ $f_{\overline{k}}(\cdot)$.
4. Число N выборок имитируемых напряжений $U_{\overline{k}}(t_{n\overline{k}})$, воспроизводимых по каждому каналу.
5. Номинальные значения моментов воспроизведения выборок имитируемых напряжений $t_{n\overline{k}}$, $n = \overline{1, N}$, $\overline{k} = \overline{1, K}$.
6. Номинальная функция квантования ЦАПов $f_{\overline{k}вн}(\cdot)$.
7. Номинальная цена младшего разряда ЦАПов k .
8. Адрес РУС контроллера крейта $W(0)A(0)$.
9. Адреса регистров ЦАПов $NA_{\overline{k}}$, $\overline{k} = \overline{1, K}$.

Временная диаграмма процесса выполнения процедуры обмена с ЦАПами
(при $K=3$)

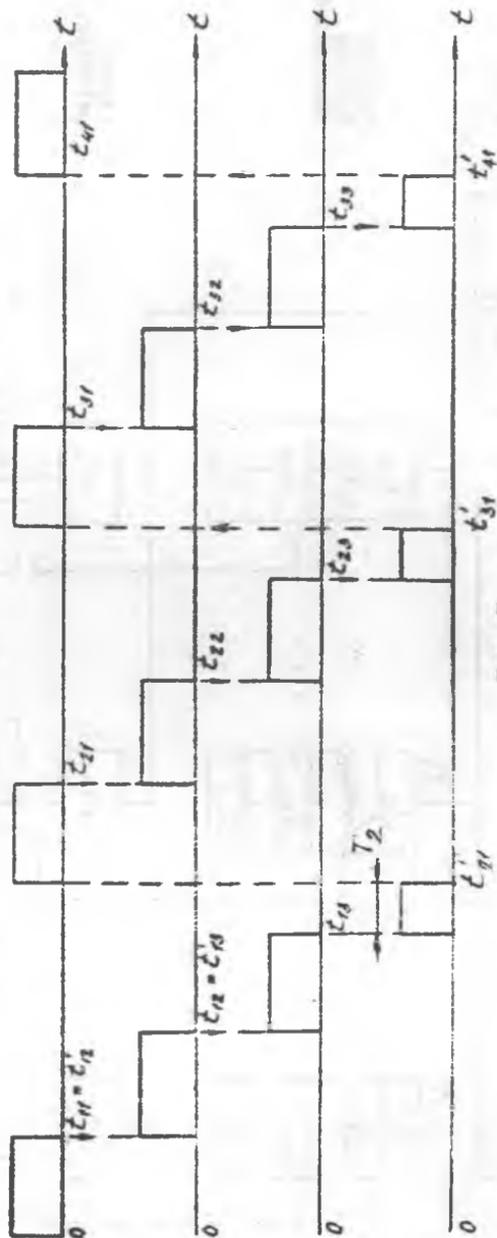


Рис. 7

Структура информационного обеспечения ПСИМДАС

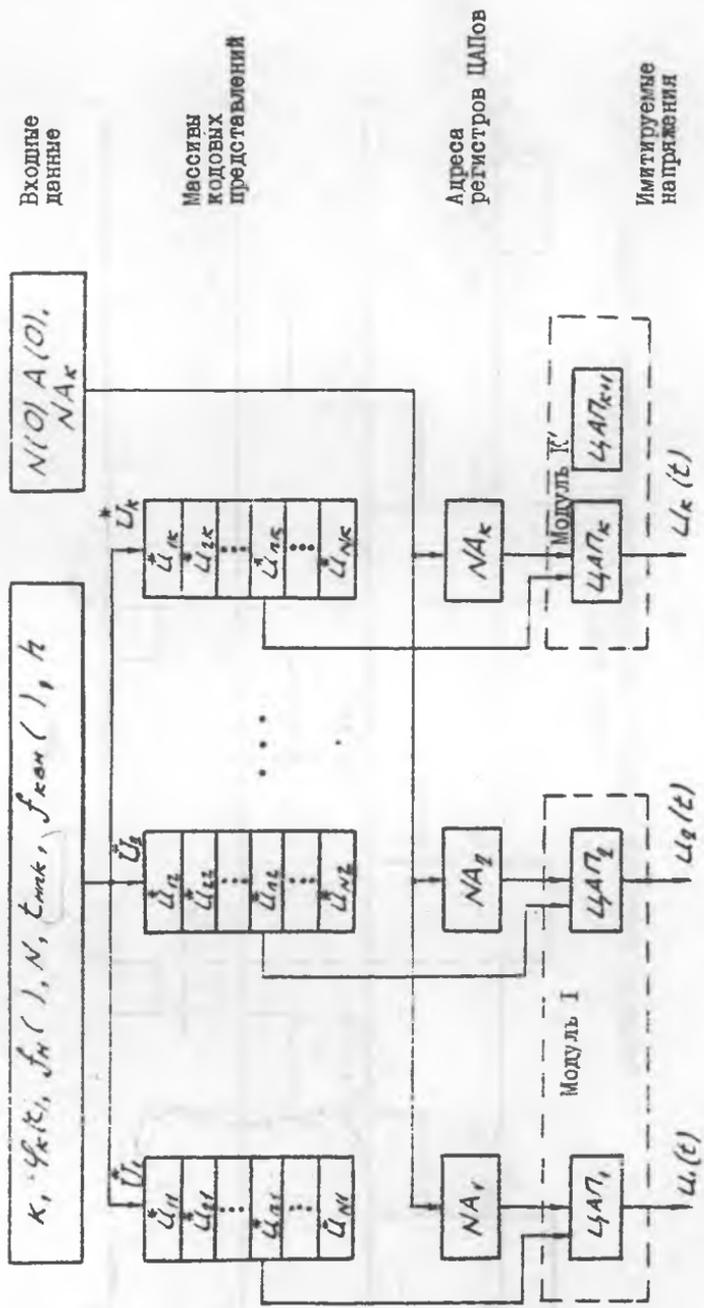


Рис. 8

Входными данными процедуры обмена с ЦАПами являются:

1. Массивы кодовых представлений U_k , $k = \overline{1, K}$.
2. Адрес РУС контроллера крейта $N(0)A(0)$.
3. Адреса регистров ЦАПов NA_k , $k = \overline{1, K}$.

Все данные размещены в ОЗУ.

Выходными сигналами ПСИМДАС являются имитируемые напряжения $U_k(t)$, $k = \overline{1, K}$.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДСИСТЕМЫ ИМИТАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ

Основными показателями, определяющими качество ПСИМДАС, являются характеристики погрешностей имитации динамических аналоговых сигналов напряжений $U_{nk}(t)$, $k = \overline{1, K}$, т.е. погрешностей ПСИМДАС в динамическом режиме:

$$\Delta g_{pk}(t) = U_k(t) - U_{nk}(t), \quad (3.1)$$

$$t \in [t_{nk}, t_{(n+1)k}), \quad n = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K};$$

где $U_k(t)$ - истинное значение имитируемого напряжения на выходе k -ой ПНУИЦ, определяемое из (2.28);

$U_{nk}(t)$ - номинальное значение имитируемого напряжения на выходе k -ой ПНУИЦ, определяемое из (2.7).

Целью исследования, проводимого в лабораторной работе, является определение предельных значений погрешностей имитации

$$\Delta g_{pkn} = \max |\Delta g_{pk}(t)|, \quad k = \overline{1, K}. \quad (3.2)$$

Для решения этой задачи применяется теоретико-экспериментальный подход, при практической реализации которого исследование разбивается на ряд этапов:

I. Определение общей структуры априорных моделей погрешностей ПСИМДАС в динамическом режиме.

2. Выделение составляющих погрешностей в динамическом режиме и декомпозиция задачи исследования на более простые.

3. Обоснование концептуальных моделей ПСИМДАС и ее компонентов для экспериментального оценивания неизвестных параметров априорных моделей погрешностей.

4. Экспериментальное оценивание неизвестных параметров априорных моделей погрешностей (параметрическая идентификация априорных моделей).

5. Определение апостериорных моделей погрешностей в динамическом режиме.

Этапы 1..3,5 по своему характеру являются теоретическими, а этап 4 - экспериментальным.

3.1. Общая структура априорных моделей погрешностей имитации динамических аналоговых сигналов

Из (3.1) с учетом (2.7) и (2.28) погрешности имитации напряжений на выходе ПЛУИЦ

$$\Delta_{\text{эпр}}(t) = U_R(t) - U_{NR}(t) = \quad (3.3)$$

$$= U_R(t_{n\pi k}) \Big|_{t_{n\pi k} = t_{nk}} - U_{NR}(t) =$$

$$= [U_{NR}(t_{n\pi k}) + \Delta_{\text{ср}}(X_R(t_{n\pi k}))] \Big|_{t_{n\pi k} = t_{nk}} - U_{NR}(t) =$$

$$= \Delta_{\text{ср}}(X_R(t_{n\pi k})) \Big|_{t_{n\pi k} = t_{nk}} +$$

$$+ \Delta_{\text{дун}}(t_{n\pi k}, t) \Big|_{t_{n\pi k} = t_{nk}},$$

$$n = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K};$$

где

$$\Delta_{\text{ср}}(X_R(t_{n\pi k})) = U_R(t_{n\pi k}) - U_{NR}(t_{n\pi k}) \quad (3.4)$$

- погрешности ПСИМДАС в статическом режиме (статические состав-

ляхиде), обусловленные погрешностями воспроизведения выборок $U_{nk}(t_{nkk})$ (см. п.2.2);

$$\begin{aligned} \Delta_{gunk}(t_{nkk}, t) |_{t_{nkk} = t_{nk}} &= \\ &= U_{nk}(t_{nkk}) |_{t_{nkk} = t_{nk}} - U_{nk}(t) \end{aligned} \quad (3.5)$$

- динамические составляющие погрешностей ПСИДАС, обусловленные двумя факторами:
- воспроизведением выборок $U_{nk}(t_{nkk})$ в моменты времени t_{nk} , отличные от номинальных t_{nkk} ;
- изменением имитируемых напряжений $U_{nk}(t)$ во времени.

Соотношение (3.3) справедливо при единственном допущении о мгновенном цифро-аналоговом преобразовании, сделанном в п.2.2.

3.2. Декомпозиция задачи исследования

Из (3.2) и (3.3) следует, что предельные значения погрешностей имитации

$$\Delta_{srkn} = \max | \Delta_{srk}(t) | \leq \quad (3.6)$$

$$\leq \max | \Delta_{srk}(X_k(t_{nkk})) |_{t_{nkk} = t_{nk}} | +$$

$$+ \max | \Delta_{gunk}(t_{nkk}, t) |_{t_{nkk} = t_{nk}} | =$$

$$= \Delta_{srkn} + \Delta_{gunkn}, \quad k = \overline{1, K};$$

где Δ_{srkn} и Δ_{gunkn} - предельные значения статических и динамических составляющих погрешностей имитации.

Таким образом, задача определения предельных значений погрешностей (3.2) сведена к двум независимым задачам определения предельных значений статических $\Delta_{srkn}, k = \overline{1, K}$ и динамических $\Delta_{gunkn}, k = \overline{1, K}$ составляющих погрешностей имитации.

3.3. Определение предельных значений статических составляющих погрешностей имитации

3.3.1. Концептуальная модель подсистемы имитации динамических аналоговых сигналов в статическом режиме

Для обоснования концептуальной модели ПСИМДАС по точности в статическом режиме необходимо установить взаимосвязь статических составляющих $\Delta_{ср\ k}(X_k(t_{нп\ k}))$ с погрешностями отдельных компонентов ПСИМДАС и определить характер этих погрешностей.

Взаимосвязь погрешностей имитации в статическом режиме $\Delta_{ср\ k}(X_k(t_{нп\ k}))$ с погрешностями отдельных компонентов устанавливается последовательной подстановкой выражений (2.25)÷(2.28) в (3.4).

При определении характера погрешностей программных компонентов ПСИМДАС будем полагать отсутствие сбоев ЭВМ, что гарантирует полную воспроизводимость результатов вычислительного процесса при одних и тех же исходных данных. Тогда выполняется следующее:

- погрешность $\Delta(X_k(t_{нп\ k}))$ программной процедуры расчета значений выборки $U_k(t_{нп\ k})$ (см. (2.25)) есть детерминированная величина, зависящая только от значения операнда $X_k(t_{нп\ k})$ (при фиксированных значениях других параметров процедуры);
- погрешность $\Delta_{кв}(U_k(t_{нп\ k}))$ программной процедуры расчета кодовых представлений $\check{U}_k(t_{нп\ k})$ (см. (2.26)) есть детерминированная величина, зависящая только от значения операнда $U_k(t_{нп\ k})$ (при фиксированных значениях других параметров процедуры).

Погрешности $\Delta_{цп\ k}(\check{U}_k(t_{нп\ k}))$, $k = \overline{1, K}$ ЦАПов (см. (2.27)) есть случайные величины с наличием вариации, поскольку для ЭСАПИО нормируются случайная составляющая погрешности и вари-

ция (см. Приложение).

Тогда погрешности имитации в статическом режиме $\Delta_{ср k}(X_k(t_{нп k}))$, представляющие собой функции от аргументов $\Delta(\cdot)$, $\Delta_{кв}(\cdot)$ и $\Delta_{цал k}(\cdot)$, будут случайными величинами, имеющими вариацию и зависящими от значения $X_k(t_{нп k})$.

Поскольку предельные значения $\Delta_{ср k n}$ определяются как максимальные значения статических составляющих (3.4) по всем возможным значениям $X_k(t_{нп k})$ и диапазоны изменений $X_k(t_{нп k})$ одинаковы и равны D_x , то $t_{нп k}$ и индекс n в определении $\Delta_{ср k n}$ (см. (3.6)) можно опустить

$$\Delta_{ср k n} = \max_x |\Delta_{ср k}(X)|, X \in D_x, k = \overline{1, K}. \quad (3.7)$$

3.3.2. Экспериментальное определение предельных значений статических составляющих погрешностей имитации

При экспериментальном оценивании предельных значений $\Delta_{ср k n}$ сначала определяются характеристики составляющих погрешностей имитации в статическом режиме $\Delta_{ср k}(X)$ на множестве $\{X_m\}_{\overline{1, M}}$ значений фактора X :

- систематические составляющие

$$\hat{\Delta}_{ср k}(X_m), m = \overline{1, M}; k = \overline{1, K};$$

- среднеквадратические отклонения случайных составляющих погрешностей $\hat{\sigma}_k(X_m), m = \overline{1, M}, k = \overline{1, K};$

- вариации $\hat{H}_k(X_m), m = \overline{1, M}, k = \overline{1, K}.$

По полученным оценкам рассчитываются предельные значения статических составляющих из следующих соотношений:

$$\Delta_{ср k n} = \max \{ |\Delta_{ср min k}|, |\Delta_{ср max k}| \}, k = \overline{1, K}; \quad (3.8)$$

$$\text{где } \Delta_{\text{ср min } k} = - \frac{\hat{B}_k \text{ max} + \hat{H}_k \text{ max} / 2}{\sqrt{1-\rho}} + \hat{\Delta}_{\text{ср min}} ;$$

$$\Delta_{\text{ср max } k} = \frac{\hat{B}_k \text{ max} + \hat{H}_k \text{ max} / 2}{\sqrt{1-\rho}} + \hat{\Delta}_{\text{ср max}} ;$$

$$\hat{B}_k \text{ max} = \max_m \hat{B}_k (X_m) , \quad m = \overline{1, M} ;$$

$$\hat{H}_k \text{ max} = \max_m \hat{H}_k (X_m) , \quad m = \overline{1, M} ;$$

$$\hat{\Delta}_{\text{ср min}} = \min_m \hat{\Delta}_{\text{ср } k} (X_m) , \quad m = \overline{1, M} ;$$

$$\hat{\Delta}_{\text{ср max}} = \max_m \hat{\Delta}_{\text{ср } k} (X_m) , \quad m = \overline{1, M} .$$

ρ - доверительная вероятность оценивания предельных значений $\Delta_{\text{ср } k}$.

Для экспериментального исследования используется метод образцового источника /5/. Образцовыми воздействиями являются данные, представляющие собой значения $\{X_m\}_{\overline{1, M}}$ фактора X и имеющие формат представления вещественных переменных длиной 4 байта. Истинные значения напряжений на выходе ЦАПов $U_k(X_m)$ (откликов) измеряются авометром Ф-30 (см. Рис. 10 /5/). Номинальные значения имитируемых напряжений $U_{nk}(X_m)$ рассчитываются программно по (2.7).

3.4. Определение предельных значений динамических составляющих погрешностей имитации

Из п.3.1 следует, что динамические составляющие погрешностей имитации зависят от значений истинных моментов воспроизведения выборок t_{nk} и характеристик имитируемых напряжений $U_{nk}(t)$. Моменты времени t_{nk} однозначно определяются длительностями выполнения операций реального времени в процедуре

обмена с ЦАПами (см. п.2.4). Поэтому рассмотрим сначала вопрос определения этих длительностей.

3.4.1. Концептуальные модели времен выполнения операций процедуры обмена с ЦАПами

В реальном времени выполняются следующие операции процедуры обмена с ЦАПами (см.п.2.4):

- пересылка кодовых представлений;
- проверка условия $n \leq N$.

При обосновании концептуальных моделей этих операций будем полагать, что выполняются следующие условия :

- времена выполнения одних и тех же вычислительных операций постоянны во времени;
- прерывания процесса выполнения указанных операций отсутствуют;
- а также учтем следующее:
- ПО ПСИДАС является ОЗУ-резидентным;
- массивы (2.30) находятся в ОЗУ;
- времена пересылки кодовых представлений не зависят от их значений и адресов ЦАПов.

Из этого следует вывод, что времена выполнения операции пересылки кодовых представлений T_1 и проверки условия $n \leq N$ T_2 (в случае, если это условие выполняется) есть постоянные величины.

Тогда, если в (2.7)+(2.10) принять

$$T_{iN} = T_1 \quad \text{и} \quad T'_{iN} = T_1 + T_2, \quad (3.9)$$

то истинные моменты воспроизведения выборок $U_k(t_{nk})$ будут равны номинальным (см.Рис.4 и Рис.7)

$$t_{nk} = t_{nk}, \quad (3.10)$$

а также номинальный период дискретизации (см.(2.10))

$$T_{0N} = T_1 K + T_2 \quad (3.11)$$

3.4.2. Экспериментальное определение времен выполнения операций процедуры обмена с ЦАПами

Оценки времен выполнения операций пересылки кодовых представлений T_1 и проверки условия $n \leq N$ T_2 определяются из системы уравнений.

$$\begin{cases} \bar{T}_1 + \bar{T}_2 = \bar{t}_1 \\ 2\bar{T}_1 + \bar{T}_2 = \bar{t}_2 \end{cases} \quad (3.12)$$

где \bar{t}_1 и \bar{t}_2 - оценки суммарных времен выполнения операций пересылки кодовых представлений и проверки условия $n \leq N$ соответственно при числе каналов $K = 1$ и $K = 2$. Оценки \bar{t}_1 и \bar{t}_2 определяются на основании прямых измерений. Таким образом, оценки \bar{T}_1 и \bar{T}_2 находятся в результате совокупных измерений.

3.4.3. Расчет предельных значений динамических составляющих погрешностей имитации

Пусть измеряемые параметры $X_R(t)$ имеют ограниченную производную

$$\max_t |X'_R(t)| = \max_t |\varphi'_R(t)| \leq A_R, \quad R = \overline{1, K}$$

Тогда с учетом (3.11) предельные значения динамических составляющих

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{дин } k n} &= \max_t |C_{nR}(t)| T_{0N} = \\ &= \max_t |C_{fN}(\varphi_R(t))'| T_{0N} = \\ &= \max_t |f'_N(\varphi_R(t)) \cdot \varphi'_R(t)| T_{0N} \leq \end{aligned} \quad (3.13)$$

$$\leq \max_t |f'_N(\Psi_k(t))| \max_t |\Psi'_k(t)| T_{0N} \approx$$

$$\approx \max_t |f'_N(\Psi_k(t))| A_k (\overline{T}_1 K + \overline{T}_2), \quad k = 1, K.$$

Окончательно, подставляя (3.8) и (3.13) в (3.6), найдем предельные значения погрешностей имитации динамических аналоговых сигналов Δ_{grkn} .

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы студент должен сделать следующее:

1. Получить у преподавателя номер индивидуального задания на лабораторную работу.
2. Изучить методические указания к лабораторной работе. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
3. Подготовить исходные данные для выполнения лабораторной работы в соответствии с требованиями, приведенными в /4/.
4. Отчитаться преподавателю по изученному материалу.
5. Провести экспериментальное исследование точностных и динамических характеристик ПСИМДАС на АК-01. Порядок запуска лабораторного эксперимента в диалоговом режиме приведен в /4/.
6. Рассчитать предельные значения статической и динамической составляющих погрешности имитации и погрешности имитации в динамическом режиме.
7. Оформить отчет по лабораторной работе в соответствии с требованиями, изложенными в п.5 /2/.
8. Отчитаться по лабораторной работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначена ПСИМДАС ?
2. В чем сущность метода имитация, используемого в ПСИМДАС ?
3. Что входит в состав технического и программного обеспечения ПСИМДАС ?
4. К какому классу компонентов относятся ПСИМДАС при исследовании :
 - точностных характеристик,
 - временных характеристик.
5. Какие основные предпосылки используются при обосновании концептуальных моделей ?
6. Какое назначение имеют применяемые в ПСИМДАС модули КАМАК ?
7. Чем определяются планы экспериментов, выполняемых в лабораторных работах ?
8. Какие априорные модели имеет ПСИМДАС при исследовании характеристик :
 - точностных характеристик;
 - временных характеристик.
9. Что представляют собой воздействия V_{KV} и отклики W при идентификации моделей ПСИМДАС (см.Рис. I /2/) ?

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АК	- автоматизированный комплекс,
АСНИ	- автоматизированная система научных исследований
АЦП	- аналого-цифровой преобразователь
ВР	- выходной регистр
ВХР	- входной регистр
Д	- датчик
И	- интерфейс
ИУ	- исполнительное устройство
ОИ	- объект исследований
ПНУИЦ	- программно-неуправляемая часть измерительной цепи
ПО	- программное обеспечение
ПСИМДАС	- подсистема имитации динамических аналоговых сигналов
РУС	- регистр управления и состояния
СИМОА	- система имитация объектов автоматизации
СУ	- согласующее устройство
ТУ	- технологическая установка
УК	- устройство контроля
УСО	- устройство сопряжения с объектом
ЦАП	- цифро-аналоговый преобразователь
ЭС	- экспериментальная среда

ЛИТЕРАТУРА

1. Египко В.М. Организация и проектирование систем автоматизации научно-технических экспериментов. -Киев: Наукова думка, 1978. -С.232.
2. Автоматизированный комплекс для оценивания характеристик АСНИ и их компонентов и обучения проектированию АСНИ. Общие принципы построения. /КуАИ. -Куйбышев. -1986. -С.58
3. Липаев З.В. и др. Технология проектирования комплексов программ АСУ /З.В.Липаев, Л.А.Серебровский, П.Г.Гаганов и др. -М.: Радио и связь, 1983. -С.264.
4. Автоматизированный комплекс для оценивания характеристик АСНИ и их компонентов и обучения проектированию АСНИ. Варианты индивидуальных заданий по лабораторным работам и порядок проведения экспериментальных исследований. /КуАИ. -Куйбышев.-1986.
5. Автоматизированный комплекс для оценивания характеристик АСНИ и их компонентов и обучения проектированию АСНИ. Система измерения характеристик АСНИ и их компонентов. Лабораторная работа № 1. /КуАИ. -Куйбышев. -1986. -С.77.

ПРИЛОЖЕНИЕ

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О МОДУЛЯХ КАМАК

1. Модуль 2ЦАП10 - содержит два десятиразрядных ЦАПа.

Основные технические данные ЦАПов :

- диапазон выходных напряжений 0...+5,115 В
- число двоичных разрядов 10
- номинальная цена младшего разряда 5 мВ
- максимальное время преобразования 10 мкс
- предел допускаемого значения относительной погрешности

$$\delta_n(U) = [0,5 + 0,2 \left(\frac{5,115}{U} - 1 \right)] \% ;$$

где U - значение напряжения на выходе ЦАПа в вольтах,

- предел допускаемого значения систематической составляющей погрешности

$$\Delta_{сп}(U) = 0,008 \delta_n(U) U \quad (\text{мВ})$$

- предел допускаемого значения среднеквадратического отклонения случайной составляющей погрешности $\sigma_n = 10$ мВ;
- предел допускаемого значения вариации $H = 10$ мВ.

Выходы первого и второго ЦАПов выведены соответственно на гнезда ЦАП I и ЦАП II (см. Рис.9). Гнезда СЧЕТ I и СЧЕТ II служат для добавления единицы в регистры соответственно первого и второго ЦАПа от внешнего источника. Через гнездо \angle вводится сигнал \angle от внешнего источника.

2. Модуль 058 - преобразователь напряжений, предназначен для преобразования напряжений с шин питания +24 В магистрали крейта

Передняя панель модуля 2ЦАП-10



Рис. 9

Передняя панель модуля 058



Рис. 10

КАМАК в напряжения ± 12 В и выдачу их на соответствующие шины питания магистрали крейта. Допустимый ток нагрузки по каждому из напряжений ± 12 В равен 2А. Передняя панель модуля приведена на рисунке 10.

Подписано к печати 16.06.87. Формат 60x84/1/16.

Бумага оберточная белая. Обсетная печать.

Усл.п.ч. 2,32. Уч.изд.л. 2,0. Тираж 50 экз.

Заказ № 254. Бесплатно

г.Куйбышев, КуАИ, Ульяновская,18

Участок оперативной полиграфии.