

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

Лабораторная работа № 4
ПОДСИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ
(СТАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЙ)

Составители :

доцент Орищенко В.И.
доцент Павлов В.П.
доцент Пшеничников В.В.
ст. инж. Окин В.К.

Рецензент :

доцент Короблин М.А.

Куйбышев - 1987

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Теоретические основы лабораторной работы	3
2. Описание исследуемого компонента	7
2.1. Назначение	7
2.2. Методическое обеспечение	7
2.3. Техническое обеспечение	17
2.4. Программное обеспечение	17
2.5. Информационное обеспечение	21
2.6. Метрологическое обеспечение	22
3. Исследование характеристик погрешностей подсистемы из- мерений в статическом режиме	23
3.1. Общая структура априорных моделей погрешностей под- системы измерений в статическом режиме	23
3.2. Определение предельных значений погрешностей програм- мно-управляемых частей измерительных каналов в стати- ческом режиме	25
3.2.1. Концептуальные модели программно-управляемых час- тей измерительных каналов в статическом режиме ..	25
3.2.2. Экспериментальное определение предельных значений погрешностей программно-управляемых частей измери- тельных каналов в статическом режиме	27
4. Построение математической модели компонента	28
5. Порядок выполнения лабораторной работы	29
6. Контрольные вопросы	29
Список сокращений	30
Литература	31
Приложение. Краткие сведения о модулях КАМАК	32

Цель лабораторной работы :

- изучить принципы построения подсистемы измерений;
- исследовать точностные характеристики подсистемы измерений в статическом режиме.

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Подсистемы измерений (ПСИ), входящие в состав автоматизированных систем научных исследований (АСНИ), предназначены для измерения значений физических величин (параметров), характеризующих состояние объекта исследований (Рис.2 /1/).

Измерения физических величин подразделяют на прямые и косвенные.

При прямых измерениях искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных, а при косвенных - на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям.

Как правило, ПСИ включают средства измерений нескольких видов: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы.

Под измерительным каналом системы (подсистемы) измерений понимается совокупность средств измерений, выполняющая законченную функцию измерения от восприятия измеряемой величины до получения результата измерений (оценки измеряемой величины).

В измерительных каналах выделяют программно-неуправляемые части (ПНУИК) и программно-управляемые (ПУИК). В состав ПНУИК входят только программно-неуправляемые средства измерений, а в состав ПУИК - программно-управляемые средства измерений и соответствующее программное обеспечение.

Все задачи измерений подразделяются на следующие классы :

- измерения физических величин и их характеристик;

- измерения процессов (как функций времени) и их характеристик;
- измерения полей (как функций нескольких аргументов, в том числе, возможно и времени) и их характеристик.

Важнейшие метрологические характеристики ПСИ связаны с погрешностями измерений.

Погрешность измерения - отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

По форме представления различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности.

Абсолютная погрешность измерения - погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины

$$\Delta = \tilde{X} - X, \quad (I.1)$$

где \tilde{X} - результат измерения,

X - истинное значение измеряемой величины.

Относительная погрешность измерения - отношение абсолютной погрешности измерения к модулю истинного значения измеряемой величины

$$\delta = \frac{\Delta}{|X|}. \quad (I.2)$$

Приведенная погрешность измерения - отношение абсолютной погрешности измерения к некоторому нормирующему значению, связанному с измеряемой величиной

$$\gamma = \frac{\Delta}{C_X}, \quad (I.3)$$

где C_X - нормирующее значение, которым может быть, например, ширина диапазона измерений.

Погрешности по характеру поведения от измерения к измерению подразделяются на систематические и случайные.

Систематическая погрешность - составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющейся

при повторных измерениях одной и той же величины.

Случайная погрешность - составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины.

В процессе измерений оба вида погрешности проявляют себя одновременно, поэтому их подразделение на систематическую и случайную является условным и преследует методические цели. Случайные погрешности могут быть в значительной степени устранены путем соответствующей обработки результатов наблюдений.

Наблюдением при измерении называют экспериментальную операцию, выполняемую в процессе измерений, в результате которой получают одно значение из группы значений величины, подлежащих совместной обработке для получения результата измерения.

Кроме указанных составляющих выделяют также погрешность средства измерений от гистерезиса - составляющую погрешности, обусловленную зависимостью (если она имеет место) истинной функции преобразования средства измерений от направления измерения измеряемой величины.

Способы математического определения характеристик систематической и случайной составляющих зависят от того, выделяется ли составляющая от гистерезиса или нет. Если она не выделяется, то характеристик погрешности измерения определяются следующим образом:

- систематическая погрешность

$$\Delta_c = E \Delta, \quad (I.4)$$

где E - символ математического ожидания;

- среднеквадратическое отклонение случайной составляющей погрешности

$$\sigma = E (\Delta - E \Delta)^2 = E (\Delta - \Delta_c)^2. \quad (I.5)$$

Если же составляющая погрешности от гистерезиса выделяется, то характеристики погрешности измерения определяются иначе:

- систематическая погрешность

$$\Delta_c = \frac{1}{2} (E\Delta_M + E\Delta_B), \quad (I.6)$$

$$\Delta_M = \tilde{X}_M - X, \quad \Delta_B = \tilde{X}_B - X, \quad (I.7)$$

где Δ_M и Δ_B - абсолютные погрешности измерений величины при ее медленном изменении до принятия значения X соответственно со стороны меньших и больших значений;

\tilde{X}_M и \tilde{X}_B - результаты измерений величины X при ее медленном изменении до принятия значения X соответственно со стороны меньших и больших значений;

- среднеквадратическое отклонение случайной составляющей погрешности

$$\sigma = E(\Delta_M - E\Delta_M)^2 = E(\Delta_B - E\Delta_B)^2; \quad (I.8)$$

- составляющая погрешности от гистерезиса - вариация

$$H = |E\Delta_M - E\Delta_B|. \quad (I.9)$$

Характеристики полной погрешности измерения Δ (например, ее предельное значение) могут определяться как непосредственно, так и по характеристикам составляющих погрешности (I.4)... (I.9).

Различают статический и динамический режимы измерений. В первом случае измеряется постоянная по времени величина, во втором - переменная.

Соответственно рассматривают погрешности измерений в статическом $\Delta_{ст}$ и динамическом $\Delta_{дин}$ режимах.

Разность между погрешностями в динамическом и статическом режимах определяют как динамическую составляющую погрешности $\Delta_{дин}$.

Таким образом, погрешность измерения в динамическом режиме:

$$\Delta d_p = \Delta c_p + \Delta d_{ик} . \quad (I.IO)$$

В квазистатическом режиме измерений составляющей $\Delta d_{ик}$ можно пренебречь и тогда

$$\Delta d_p \approx \Delta c_p . \quad (I.II)$$

2. ОПИСАНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО КОМПОНЕНТА

2.1. Назначение

ПСИ предназначена для измерения K динамических параметров

$$X_k(t) \in \mathcal{D}_{X_k} = [X_{kmin}, X_{kmax}] , \quad k = \overline{1, K} , \quad (2.1)$$

где \mathcal{D}_{X_k} - диапазон измерений параметра $X_k(t)$;

X_{kmin}, X_{kmax} - пределы измерений параметра $X_k(t)$.

2.2. Методическое обеспечение

ПСИ производит прямые измерения параметров $X_k(t), k = \overline{1, K}$.

Рассмотрим сначала идеальный случай, когда в измерительных каналах (ИК) ПСИ осуществляются номинальные преобразования измеряемых параметров $X_k(t), k = \overline{1, K}$, т.е. преобразования, точно соответствующие требуемым при выбранном методе измерений.

Измерение параметров $X_k(t), k = \overline{1, K}$ производится с помощью аппаратных и программных средств (Рис.1) на основе равномерной дискретизации этих параметров (Рис.2).

Аппаратно ПСИ реализует следующие функции измерений:

I. Преобразование измеряемых параметров $X_k(t), k = \overline{1, K}$ в нормализованные напряжения

$$U_{kH}(t) = f_{kH}(X_k(t)) \in \mathcal{D}_{U_{kH}} = [U_{kmin}, U_{kmax}] , \quad (2.2)$$

$$k = \overline{1, K} ;$$

Функциональная схема ПСИ

$$k = \overline{1, K}$$

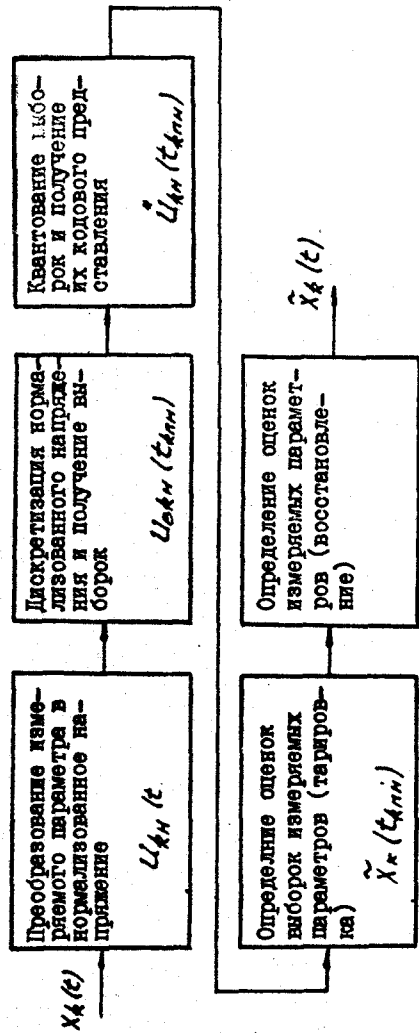


Рис. 1

Временная диаграмма процесса измерений (при $K = 3$)

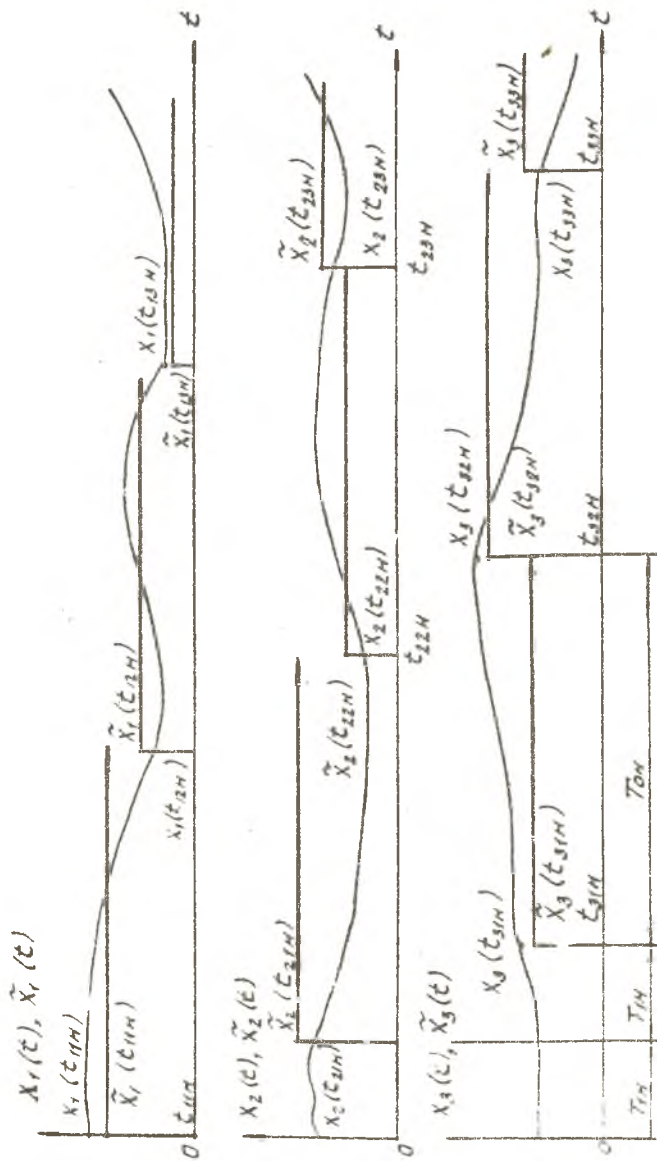


Рис. 2

где \mathcal{D}_{UH} - номинальный диапазон изменений напряжений

$$U_{kH}(t), k = \overline{1, K};$$

$U_{\min H} = 0; U_{\max H}$ - пределы изменений напряжений $U_{kH}(t), k = \overline{1, K}$;

$f_{kH}(\cdot)$ - номинальная статическая функция преобразования программно-неуправляемой части k -го измерительного канала ПНУИК $k, k = \overline{1, K}$.

Конкретный состав каждой ПНУИК для дальнейшего рассмотрения не является существенным. В них могут входить любые измерительные преобразователи (датчики, схемы измерений, нормализующие и передающие измерительные преобразователи). Существенным при этом является предположение о том, что ПНУИК $k, k = \overline{1, K}$ функционирует в квазистатическом режиме. Это учтено в (2.2), где преобразования, осуществляемые над динамическими параметрами $X_k(t), k = \overline{1, K}$, определены как безинерционные или статические (в соответствии с номинальными статическими функциями преобразования ПНУИК $k f_{kH}(\cdot), k = \overline{1, K}$), а не как инерционные или динамические (в соответствии с номинальными операторами преобразования ПНУИК $k \Phi_{kH}, k = \overline{1, K}$). Также считается, что $f_{kH}(\cdot), k = \overline{1, K}$ - линейные функции

$$f_{kH}(X_k(t)) = a_{0k} + a_{1k} X_k(t), \quad (2.3)$$

$$X_k(t) \in \mathcal{D}_{Xk};$$

где

$$a_{0k} = \frac{U_{\min H} X_{k\max} - U_{\max H} X_{k\min}}{X_{k\max} - X_{k\min}}, \quad (2.4)$$

$$a_{1k} = \frac{U_{\max H} - U_{\min H}}{X_{k\max} - X_{k\min}}.$$

2. Коммутация нормализованных напряжений $U_{kH}(t), k = \overline{1, K}$ на общие выходы соответствующих мультиплексоров. Сигнал на выходе мультиплексора при коммутации напряжений $U_{kH}(t)$:

$$U_{mkn}(t) = f_{mn}(U_{kn}(t)) = U_{kn}(t) \in D_{un}, \quad (2.5)$$

$$t \in [\tau_{kmin}, \tau_{kmax}], U_{maxk} \leq U_{m0}, k = \overline{1, K};$$

где $f_{mn}(\cdot) \equiv 1$ - номинальная статическая функция преобразования мультиплексора;

$[\tau_{kmin}, \tau_{kmax}]$ - интервал, на котором напряжение $U_{kn}(t)$ коммутируется на выход мультиплексора при n -ой ($n = \overline{1, N}$) коммутации (n -ый интервал коммутации);

τ_{kmin}, τ_{kmax} - соответственно верхняя и нижняя границы n -го интервала коммутации;

U_{m0} - предельный уровень коммутируемых напряжений, который для мультиплексора типа 750 равен 10 В (см. п. 2.3 и Приложение).

В выражении (2.5) функция $f_{mn}(\cdot)$ принята единичной, поскольку в исследуемой ИСИ (см. п. 2.3 и Приложение)

$$R_{m0} \ll R_{вк}, \quad (2.6)$$

где R_{m0} - предельное переходное сопротивление мультиплексора, которое для мультиплексора 750 равно 0,3 Ом;

$R_{вк}$ - входное сопротивление аналого-цифрового преобразователя (АЦП), которое для АЦП типа АЦП-14 не менее 1 Мом;

а также предполагается выполнение условия

$$R_k \ll R_{в}, \quad k = \overline{1, K}, \quad (2.7)$$

где R_k - выходное сопротивление ПЛУК $_k$, $k = \overline{1, K}$.

3. Периодическую дискретизацию напряжений $U_{vkn}(t), k = \overline{1, K}$ по времени, в результате которой получается регулярная по каждому ИК последовательность выборочных значений (выборки) напряжений

$$U_{vkn}(t_{rln}) = \Phi_{вн}(U_{mkn}(t_{rln})) = U_{mkn}(t_{rln}) \leq \quad (2.8)$$

$$\leq U_{АЦПn},$$

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

где $t_{k\alpha n} = T_{0n} \cdot (n-1) + T_{1n}(k-1)$ - номинальное значение момента n -ой ($n = \overline{1, N}$) выборки (дискретизации) напряжения $U_{n\alpha n}(t)$, $k = \overline{1, K}$;

T_{0n} - номинальное значение периода дискретизации каждого напряжения $U_{n\alpha n}(t)$, $k = \overline{1, K}$;

T_{1n} - номинальное значение длительности временного интервала между моментами n -ой дискретизации напряжений $U_{n\alpha n}(t)$ и $U_{m(\alpha+1)n}(t)$, $k = \overline{1, K-1}$;

$U_{\alpha\alpha n}$ - предельное значение напряжения, преобразуемого АЦП, которое для АЦП-14 равно 7 В;

$\Phi_{\alpha n}(\cdot)$ - номинальный оператор выборки, реализуемый устройством выборки и запоминания АЦП, который определяется из соотношения

$$\Phi_{\alpha n}(U_{n\alpha n}(t)) = \int_{t_{\alpha n \min}}^{t_{\alpha n \max}} U_{n\alpha n}(t) \delta(t - t_{k\alpha n}) dt = U_{n\alpha n}(t_{k\alpha n}), \quad (2.9)$$

$t_{k\alpha n} \in (t_{\alpha n \min}, t_{\alpha n \max})$, $n = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$;

где $\delta(\cdot)$ - дельта-функция.

Из (2.8), (2.9) следует, что устройство выборки и запоминания осуществляет идеальную дискретизацию сигналов. Необходимым (но не достаточным) условием этого является то, что за время выборки дискретизируемый сигнал практически не изменяется. Это выполняется в случае, если

$$f_{\alpha k} \gg \tau_B, \quad k = \overline{1, K}; \quad (2.10)$$

где $f_{\alpha k}$ - граничная частота в спектре измеряемого параметра $X_k(t)$, $k = \overline{1, K}$;

τ_B - время выборки АЦП, которое для АЦП-14 равно 20 мкс.

4. Преобразование выборок $U_{n\alpha n}(t_{k\alpha n})$ в кодовые представления (квантование выборок)

$$U_{kN}^*(t_{kN}) = f_{kN}^*(U_{kN}(t_{kN})) \in D\dot{U} = U_{min}^*, U_{max}^*, \quad (2.11)$$

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

где $f_{kN}^*(\cdot)$ - номинальная статическая функция преобразования (номинальная функция квантования) АЦЦ;

$D\dot{U}$ - диапазон изменений кодовых представлений $U_{kN}^*(t_{kN})$;
 $U_{min}^* = 0$; U_{max}^* - предельные значения кодовых представлений $U_{kN}^*(t_{kN})$.

Для АЦЦ-14 номинальная статическая функция преобразования при

$$f_{kN}^*(U) = \text{int} \left(\frac{U}{k_N} \right); \quad (2.12)$$

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

$k_N = 1 \text{ мВ}$ - номинальная цена младшего разряда АЦЦ-14.

Программно ПСИ реализует следующие функции измерений:

1. Опрос измерительных каналов ИК_k, $k = \overline{1, K}$. Целью этой функции в конечном итоге является получение и запись кодовых представлений $U_{kN}^*(t_{kN})$, $n = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$ в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) ЭЕМ. Функция опроса измерительных каналов является составной, включающей простые функции, приведенные выше (коммутацию, дискретизацию, квантование), а также функции программного управления мультиплексорами и АЦЦ, входными в состав ПСИ.

2. Определение результатов измерений выборочных значений

$X_R(t_{kN})$, $n = \overline{1, N}$, $R = \overline{1, K}$ измеряемых параметров $X_R(t)$ в виде оценок

$$\tilde{X}_{kN}^*(t_{kN}) = f_{kN}^*(U_{kN}^*(t_{kN})) = b_{0R} + b_{1R} U_{kN}^*(t_{kN}), \quad (2.13)$$

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

где $f_{kN}^*(\cdot)$ - номинальная функция тарирования для ИК_R, $R = \overline{1, K}$:

$$b_{0R} = - \frac{a_{0R}}{a_{1R}}, \quad b_{1R} = \frac{k_N}{a_{1R}} \quad (2.14)$$

или

$$b_{0k} = - \frac{h_N / 2 + a_{0k}}{a_{1k}}, \quad b_{1k} = \frac{h_N}{a_{1k}}; \quad (2.15)$$

где a_{0k} и a_{1k} определяются из (2.4).

Результаты измерений $\tilde{X}_{kN}(t_{k\alpha N})$, $\alpha = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$, отличаются от истинных значений выборки $X_k(t_{k\alpha N})$, $\alpha = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$ даже в случае идеальной реализации приведенных выше функций ПСИ. Это связано с наличием операции квантования (2.11), которая не является взаимно-однозначной. При этом погрешность измерений выборки $X_k(t_{k\alpha N})$:

$$\Delta_{kN}(t_{k\alpha N}) = \tilde{X}_{kN}(t_{k\alpha N}) - X_k(t_{k\alpha N}) \leq b_{1k}, \quad (2.16)$$

если коэффициенты b_{0k} , b_{1k} выбраны в соответствии с (2.14);

$$\Delta_{kN}(t_{k\alpha N}) = \tilde{X}_{kN}(t_{k\alpha N}) - X_k(t_{k\alpha N}) \leq b_{1k} / 2, \quad (2.17)$$

если коэффициенты b_{0k} и b_{1k} выбраны в соответствии с (2.15).

3. Определение результатов измерений параметров $X_k(t)$, $k = \overline{1, K}$ путем восстановления их значений на временных интервалах

$$[t_{k\alpha N}, t_{k(\alpha+1)N}), \quad \alpha = \overline{1, N}, \quad k = \overline{1, K} \quad (2.18)$$

между измеренными выборками $\tilde{X}_{kN}(t_{k\alpha N})$, $\alpha = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$ по этим выборкам с помощью полиномов нулевой степени

$$\tilde{X}_{kN}(t) = \mathcal{P}_{0CN}(\tilde{X}_{kN}(t_{k\alpha N})) = \tilde{X}_{kN}(t_{k\alpha N}), \quad (2.19)$$

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

где $\mathcal{P}_{0CN}(\cdot)$ - номинальный оператор восстановления.

Явно это функция в ПСИ не реализуется, так как процедура восстановления в этом случае тривиальна и сводится к следующему:

- определение принадлежности момента времени t , для которого производится восстановление значения параметра $X_k(t)$, α -му временному интервалу (2.18);

- отождествление восстановленного значения $\tilde{X}_{kN}(t)$ параметра

$X_k(t)$ с измеренным значением $\tilde{X}_{RN}(t_{RN})$ выборки $X_k(t_{RN})$. Поэтому полагается, что фактически восстановление при необходимости осуществляется в той подсистеме АСНИ, которая использует результаты измерений, например, в подсистеме оценивания или подсистеме отображения и диалогового взаимодействия (Рис.2 /1/). Однако, поскольку измерение параметров $X_k(t)$, $k = \overline{1, K}$ должно по определению завершаться получением их оценок $\tilde{X}_{RN}(t)$, то процедуру восстановления рассматриваем в составе ПСИ.

Существенным для дальнейшего рассмотрения является предположение о том, что реализация указанных выше функций по k -му измерительному каналу ИК R , $k = \overline{1, K}$ осуществляется в ПСИ k -ым процессом измерения $\Pi_{R, k = \overline{1, K}}$ (см. п.1 /2/).

Реально ПСИ осуществляет преобразования, которые отличны от номинальных (2.2), (2.5), (2.8), (2.11), (2.13), (2.19). Это связано с наличием инструментальных погрешностей программных и аппаратных компонентов ПСИ.

Следовательно, результаты измерений $\tilde{X}_k(t)$, $k = \overline{1, K}$ отличны от номинальных $\tilde{X}_{RN}(t)$, $k = \overline{1, K}$, которые определяются из (2.19), и тем более от истинных значений измеряемых параметров $X_k(t)$. Истинные преобразования, осуществляемые в ПСИ и соответствующие номинальным (2.2), (2.5), (2.8), (2.11), (2.13), (2.19), имеют вид

$$U_R(t) = f_R^*(X_R(t)) = f_{RN}^*(X_R(t)) + \Delta_R(X_R(t)), \quad (2.20)$$

$R = \overline{1, K};$

$$U_{MR}(t) = f_{MR}^*(U_R(t)) = f_{MN}^*(U_R(t)) + \Delta_{MR}(U_R(t)), \quad (2.21)$$

$R = \overline{1, K};$

$$U_{BR}(t_{RN}) = \Phi_{BR}^*(U_{MR}(t)) = \Phi_{BN}^*(U_{MR}(t)) + \Delta_{BR}(U_{MR}(t)), \quad (2.22)$$

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

$$U_k^*(t_{RN}) = f_{kBR}^*(U_{BR}(t_{RN})) = f_{kBN}^*(U_{BR}(t_{RN})) + \Delta_{kBR}(U_{BR}(t_{RN})), \quad (2.23)$$

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

$$\tilde{X}_k(t_{k\alpha}) = f_{TK}^*(U_k^*(t_{k\alpha})) = f_{TKH}^*(U_k^*(t_{k\alpha})) + \Delta_{TK}(U_k^*(t_{k\alpha})), \quad (2.24)$$

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

$$\tilde{X}_k(t) = \Phi_{BC}(\tilde{X}_k(t_{k\alpha})) = \tilde{X}_k(t_{k\alpha}), \quad (2.25)$$

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

или через номинальный оператор восстановления

$$\tilde{X}_k(t) = \Phi_{BCN}(\tilde{X}_k(t_{k\alpha})) + \Delta_{BCK}(\tilde{X}_k(t_{k\alpha})), \quad (2.26)$$

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

где $f_k(\cdot)$, $f_{MK}(\cdot)$, $\Phi_{BK}(\cdot)$, $f_{KBR}(\cdot)$, $f_{TK}(\cdot)$, $\Phi_{BC}(\cdot)$ - истинные функции и операторы преобразования компонентов ПСИ;

$\Delta_K(\cdot)$, $\Delta_{MK}(\cdot)$, $\Delta_{BK}(\cdot)$, $\Delta_{KBR}(\cdot)$, $\Delta_{TK}(\cdot)$, $\Delta_{BCK}(\cdot)$ - инструментальные погрешности компонентов ПСИ.

В выражении (2.25) принято, что восстановление параметра $X_k(t)$ по оценке выборки $\tilde{X}_k(t_{k\alpha})$, измеренной в момент времени $t_{k\alpha}$, отличный от номинального $t_{k\alpha N}$, производится на интервале, ограниченном номинальными моментами времени выборки $t_{k\alpha}$ и $t_{k(\alpha+1)k}$. Это связано с тем, что при восстановлении истинные моменты выборки $t_{k\alpha}$, как правило, не известны.

Все перечисленные выше инструментальные погрешности, кроме $\Delta_{BK}(\cdot)$ и $\Delta_{BC}(\cdot)$, являются статическими по следующим причинам:

- выше введено предположение о квазистатическом режиме функционирования ПРУИК $_k$, $k = \overline{1, K}$;
- мультиплексор и устройство квантования АЦП также функционируют в квазистатическом режиме, что следует из (2.21) и (2.23);
- погрешность программного компонента (подпрограммы тарировки, см. п.2.4), выполняющего преобразование (2.24), имеет только статическую составляющую.

2.3. Техническое обеспечение

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

Структурная схема комплекса технических средств ПСИ приведена на рисунке 3. В ПСИ используется один кредит КАМАК. Поскольку один мультиплексор 750 может осуществлять коммутацию 32 измерительных цепей, то для измерения K параметров объекта исследования необходимо K' модулей 750.

$$K' = \text{int} [(K+31)/32] \quad (2.27)$$

и соответственно K' аналого-цифровых преобразователей АЦП-14.

2.4. Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) ПСИ включает K задач $TASKk$, $k = \overline{1, K}$, где $TASKk$ - имя k -ой задачи. Задача $TASKk$ соответствует k -ому процессу измерения $\Pi_k, k = \overline{1, K}$ (см. п.2.2). Все задачи $TASKk, k = \overline{1, K}$ удовлетворяют требованиям, сформулированным в п.2 /2/. Управление задачами $TASKk, k = \overline{1, K}$ осуществляется подсистемой управления АСНИ (ПСУ), которая полностью соответствует описанной в п.2 /3/. Для задачи $TASK1$ планируется период перезапуска T_{0N} , начиная с момента времени $t=0$.

Каждая задача $TASKk$ реализует следующие функции:

1. Опрос k -го измерительного канала ИК_k.
2. Вычисление оценок выборок измеряемых параметров $X_k(t_{an}), n = \overline{1, N}$.
3. Запись выборки $\tilde{X}_k(t_{an}), n = \overline{1, N}$ в последовательный буфер ЗУФ_k.

Перечисленные функции выполняются в каждой задаче $TASKk$ соответственно следующими подпрограммами:

1. Подпрограмма опроса $AOSRA$, которая имеет параметры:
 - RUS - адрес регистра управления и состояния контроллера
 кредита $N(0)A(0)$;

Структурная схема КТС ПСИ

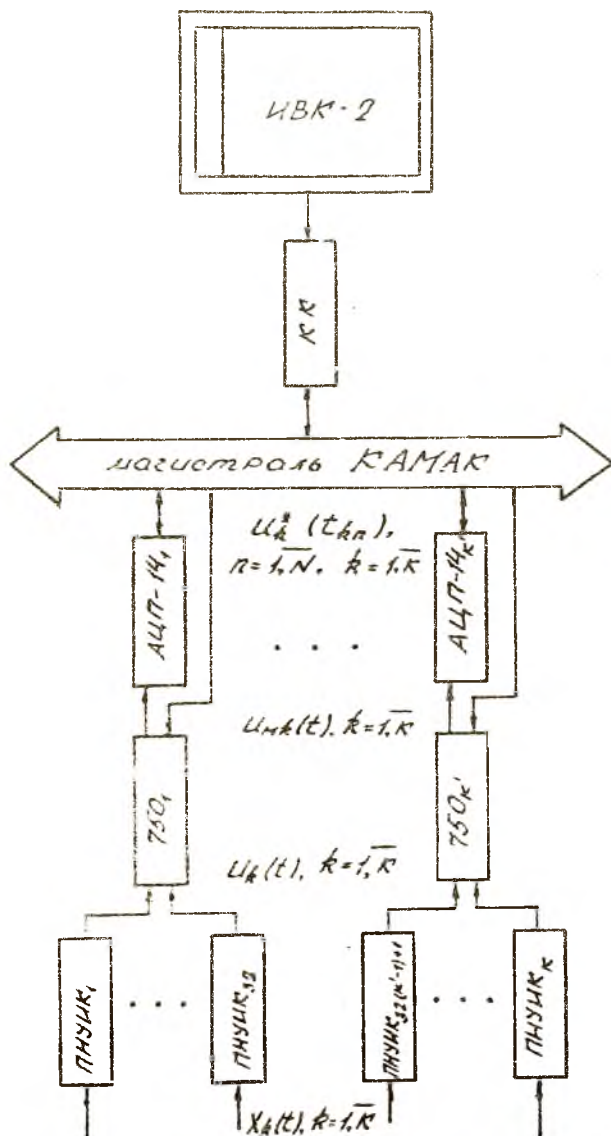


Рис. 3

- NMX - адрес мультиплексора, используемого при измерении параметра $X_k(t), N_{MK}$;
- $NACP$ адрес АЦП, используемого при измерении параметра $X_k(t), N_{АЦПk}$;
- $NKAN$ - номер канала мультиплексора, соответствующего измерительному каналу IK_k, C_k ;
- UD - кодовое представление $U_R^*(t_{kR})$;
- $IERR$ - признак ошибки, который принимает ненулевые значения в случае неготовности модулей КАМАК к обмену информацией.

2. Подпрограмма тарировки $TAR4$, которая имеет параметры:

- $B\Phi, B1$ - коэффициенты b_{0k}, b_{1k} ;
- $UDMIN, UDMAX$ - предельные значения кодовых представлений U_{min}^*, U_{max}^* ;
- UD - кодовое представление $U_R^*(t_{kR})$;
- T - оценка выборки измеряемого параметра $\tilde{X}_R(t_{kR})$;
- ERR - признак ошибки.

3. Подпрограмма буферизации $BUFFER$, которая имеет параметры :

- BUF - адрес буфера BUF_k .
- T - значение оценки выборки измеряемого параметра $\tilde{X}_R(t_{kR})$.

Эти подпрограммы совместно с вызывающей программой составляют функциональную часть задачи (ФЧЗ) $TASK_k$, структура которой приведена ниже:

```
CALL AOSRA (RUS, NMX, NACP, NKAN, UD, IERR)
CALL TAR4 (BΦ, B1, UDMIN, UDMAX, UD, T, ERR)
CALL BUFFER (BUF, T)
```

Временная диаграмма выполнения ФЧЗ $k, k=1, K$ приведена на

Временная диаграмма выполнения функциональных частей задач

TASK k, k = 1, 2 (при k=3)

Выполнение ФЧЗ задач:

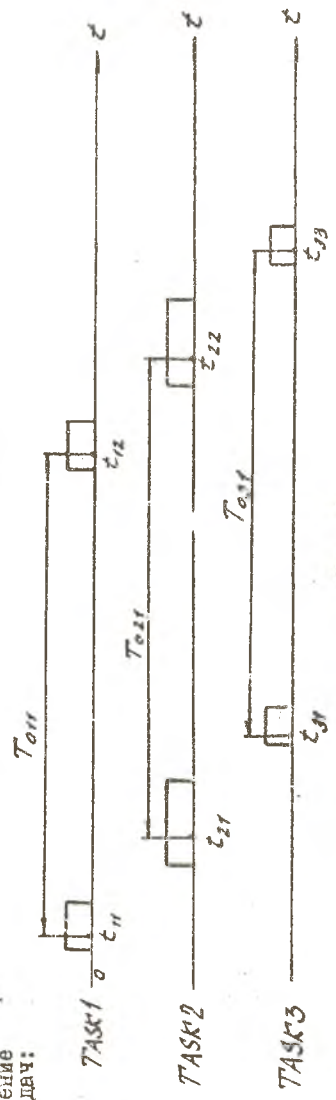


Рис. 4

Структура времени выполнения функциональных частей задач

TASK k, k = 1, 2

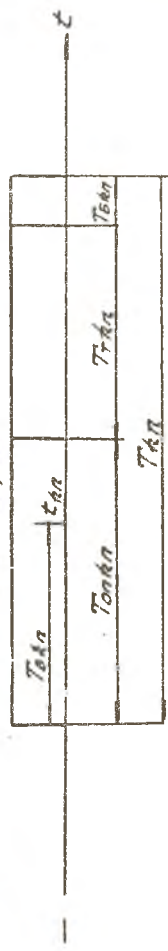


Рис. 5

рисунке 4. Более полная временная диаграмма, определяющая взаимодействие задач $TASK_k, k = \overline{1, K}$ и ПСУ приведена на рисунке 2 /2/. На рисунке 5 приведена структура времени выполнения ФЧЗ k при n -ом запуске задачи $TASK_k$. На рисунках 4 и 5 обозначено:

t_{kn} - истинный момент выборки нормализованного напряжения $U_k(t)$ при n -ом опросе ИК k ;

T_{0kn} - истинный период опроса ИК k между n -ым и $(n+1)$ -м опросом;

$T_{0kkn}, T_{rkkn}, T_{skkn}$ и T_{kn} - истинные времена выполнения (с учетом затрат на вызов) подпрограмм опроса $AOSRA$, тарирования $TAR4$, буферизации $BUFFER$ и ФЧЗ k -ой задачи $TASK_k$ при n -ом ее запуске.

В общем случае истинные периоды опросов ИК $k, k = \overline{1, K}$ T_{0kn} не совпадают с номинальным значением T_{0n} . Это может быть вызвано следующими причинами:

1. Запуском задачи $TASK_1$ через временные интервалы, не равные T_{0n} .

2. Изменением времен T_{kn} выполнения ФЧЗ $k, k = \overline{1, K-1}$ и времени управления задачами $T_y(K)$.

3. Изменением длительностей T_{skkn} временных интервалов от момента начала выполнения ФЧЗ $k, k = \overline{1, K}$ до момента выборки напряжений $U_k(t)$.

2.5. Информационное обеспечение

Входными сигналами ПСИ являются измеряемые параметры $X_k(t), k = \overline{1, K}$.

Входными данными ПСИ являются (см. также входные данные ПСУ в п.2.5 /2/):

1. Адрес регистра управления и состояния контроллера креста $N(0)A(0)$;

2. Адреса мультиплексоров $N_{Mk}, k = \overline{1, K}$;
3. Адреса АЦП $N_{AЦПk}, k = \overline{1, K}$;
4. Номера каналов мультиплексора, соответствующих k -ым измерительным каналам, $C_k, k = \overline{1, K}$.
5. Значения коэффициентов $\beta_{0k}, \beta_{1k}, k = \overline{1, K}$.
6. Предельные значения кодовых представлений U_{min}, U_{max} .
7. Адреса ВУФ буферов $BUF_k, k = \overline{1, K}$.

Выходными данными являются массивы значений оценок выборок измеряемых параметров $\tilde{X}_k(t_{kA})$ в буферах $BUF_k, k = \overline{1, K}$.

2.6. Метрологическое обеспечение

Выше было приведено описание обеспечений ПСИ для наиболее общего случая - динамического режима измерений. Далее ограничимся рассмотрением только статического режима измерений в соответствии с целями настоящей лабораторной работы.

Погрешности измерений ПСИ в статическом режиме, т.е. когда измеряемые параметры $X_k(t), k = \overline{1, K}$ есть постоянные величины, определяются следующим образом

$$\Delta_{фк} (X_k) = \tilde{X}_k - X_k, \quad k = \overline{1, K}; \quad (2.28)$$

где \tilde{X}_k - результат измерения (оценка) параметра X_k ;
 X_k - истинное значение параметра.

Целью исследования, проводимого в лабораторной работе, является определение предельных значений погрешностей ПСИ в статическом режиме

$$\Delta_{фкн} = \max_{X_k} |\Delta_{фк} (X_k)|, \quad (2.29)$$

$$X_k \in D_{X_k}, \quad k = \overline{1, K},$$

через характеристики составляющих погрешностей: систематические погрешности, среднеквадратические отклонения случайных состав-

ляющих погрешностей и вариации.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОГРЕШНОСТЕЙ ПОДСИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЙ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Для решения поставленной задачи исследования применяется теоретико-экспериментальный подход, при практической реализации которого исследование разбивается на следующие этапы:

1. Определение общей структуры априорных моделей погрешностей ПСИ в статическом режиме.

2. Обоснование концептуальных моделей ПСИ для экспериментального оценивания неизвестных параметров априорных моделей погрешностей.

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

4. Определение апостериорных моделей погрешностей в статическом режиме.

Этапы 1, 2, 4 по своему характеру являются теоретическими, этап 3 - экспериментальным.

3.1. Общая структура априорных моделей погрешностей подсистемы измерений в статическом режиме

Введем предварительно идеальную и истинную функцию преобразования программно-управляемой части измерительного канала

ПЛУИК k .

Идеальная функция преобразования ПЛУИК k

$$g_{kH}(U_{kH}) = X_k, \quad k = \overline{1, K}; \quad (3.1)$$

где U_{kH} - номинальное значение нормализованного напряжения на выходе ПЛУИК k ;

X_k - истинное значение измеряемого параметра.

Найдем ее из условия абсолютно точного определения значения параметра X_k

$$X_k = g_{kH} (U_{kH}) = f_{kH} (f_{kH} (X_k)), \quad k = \overline{1, K}; \quad (3.2)$$

где $f_{kH}(\cdot)$ - номинальная функция преобразования ПНУИК $_k$, определяемая из (2.2). Из (3.2) следует, что

$$g_{kH} (U_{kH}) = \varphi_{kH} (U_{kH}), \quad k = \overline{1, K}; \quad (3.3)$$

где $\varphi_{kH}(\cdot)$ - функция, обратная $f_{kH}(\cdot)$.

Поскольку функции $f_{kH}(\cdot), k = \overline{1, K}$ линейны, то из (3.2) получим

$$g_{kH} (U_{kH}) = C_{0k} + C_{1k} U_{kH}, \quad k = \overline{1, K}, \quad (3.4)$$

где

$$C_{0k} = - \frac{a_{0k}}{a_{1k}}, \quad C_{1k} = \frac{1}{a_{1k}}, \quad (3.5)$$

а коэффициенты a_{0k} и a_{1k} определяются из (2.4).

Идеальная функция преобразования ПУИК $_k$ $g_{kH}(U_{kH})$ не равна номинальной $f_{kH}(U_{kH})$, представляющей собой суперпозицию номинальных преобразований компонентов ПУИК $_k$ (2.5), (2.8), (2.11), (2.13), (2.15).

Истинная функция преобразования ПУИК $_k$ определяется следующим образом

$$g_k (U_{kH}) = \tilde{X}_k, \quad k = \overline{1, K}. \quad (3.6)$$

Истинная функция преобразования ПУИК $_k$ представляет собой суперпозицию истинных преобразований компонентов ПУИК $_k$ (2.21) ... (2.25).

Определим теперь погрешности измерений в статическом режиме через введенные функции $g_{kH}(\cdot)$ и $g_k(\cdot)$. Из (2.28) получим

$$\Delta_{\text{оп}k} (X_k) = \tilde{X}_k - X_k = g_k (f_k (X_k)) - X_k =$$

$$= g_{kH}(f_{kH}(x_k) + \Delta_k(x_k)) + \Delta_{\text{ср}ky}(f_{kH}(x_k) + \Delta_k(x_k)) - x_k, \quad (3.7)$$

$k = \overline{1, K};$

где $\Delta_{\text{ср}ky}(\)$ - погрешность ПУИК k в статическом режиме. Учитывая линейность функций $g_{kH}(\)$ и соотношение (3.2), из (3.7) найдем

$$\Delta_{\text{ср}k}(x_k) = g_{kH}(f_{kH}(x_k)) + C_{1k} \Delta_k(x_k) + \Delta_{\text{ср}ky}(f_{kH}(x_k) + \Delta_k(x_k)) - x_k = C_{1k} \Delta_k(x_k) + \Delta_{\text{ср}ky}(f_{kH}(x_k) + \Delta_k(x_k)). \quad (3.8)$$

Предельные значения погрешностей измерений в статическом режиме найдем из (2.29), (3.8). При этом учтем, что

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{ср}kn} &= \max_{x_k} |\Delta_{\text{ср}k}(x_k)| \leq \max_{x_k} |C_{1k} \Delta_k(x_k)| + \\ &+ \max_{x_k} |\Delta_{\text{ср}ky}(f_{kH}(x_k) + \Delta_k(x_k))| = \\ &= C_{1k} \Delta_{kn} + \Delta_{\text{ср}kyn}, \quad k = \overline{1, K}, \end{aligned} \quad (3.9)$$

где Δ_{kn} - предельное значение погрешности ПУИК k ,
 $\Delta_{\text{ср}kyn}$ - предельное значение погрешности ПУИК k в статическом режиме.

Таким образом, для расчета предельных значений погрешностей измерений ПСИ в статическом режиме по формуле (3.9) необходимо знать предельные значения погрешностей ПУИК k Δ_{kn} и предельные значения погрешностей ПУИК k в статическом режиме $\Delta_{\text{ср}kyn}$.

Получается, что величины Δ_{kn} известны, а $\Delta_{\text{ср}kyn}$ подлежат экспериментальному определению.

3.2. Определение предельных значений погрешностей программно-управляемых частей измерительных каналов в статическом режиме

3.2.1. Концептуальные модели программно-управляемых частей измерительных каналов в статическом режиме

Для обоснования концептуальных моделей ПУИК_k, $k = \overline{1, K}$ в статическом режиме необходимо установить взаимосвязь погрешностей $\Delta_{срky}(\)$ с погрешностями отдельных компонентов ПУИК_k, $k = \overline{1, K}$ и определять характер этих погрешностей.

Такая взаимосвязь устанавливается следующим образом :

- определением истинной функции преобразования ПУИК_k, $g_k(U_{kH})$ как суперпозиции преобразований (2.21)...(2.25);

- определением погрешности ПУИК_k в статическом режиме через функции $g_k(U_{kH})$ и $g_{kH}(U_{kH})$

$$\Delta_{срky}(U_{kH}) = g_k(U_{kH}) - g_{kH}(U_{kH}), \quad k = \overline{1, K} \quad (3.10)$$

При выявлении характера погрешностей программных компонентов будем полагать отсутствие сбоев ЭВМ, что гарантирует полную воспроизводимость результатов вычислительного процесса при одних и тех же исходных данных.

Погрешности мультимплексоров $\Delta_{mk}(U_k(t))$, $k = \overline{1, K}$ есть случайные величины, что обусловлено переменным переходным сопротивлением контактов реле мультиплексора 750 в замкнутом состоянии.

Погрешности АЦП, которые включают погрешности выборки и запоминания $\Delta_{BK}(U_{mk}(t))$ и квантования $\Delta_{kKB}(U_{BK}(t_{kH}))$, есть случайные величины с наличием вариации, поскольку для АЦП-Г4 нормируется случайная составляющая погрешности и вариация (см. Приложение).

Погрешности подпрограммы тарировки $\Delta_{TK}(U_k(t_{kH}))$ представляют собой детерминированные величины, зависящие от значений $U_k(t_{kH})$ (см. п. 4.1 /3/).

Погрешности подпрограммы, осуществляющих восстановление, $\Delta_{BC}(\tilde{X}_k(t_{kH}))$ в статическом режиме измерений равны нулю.

Следовательно, погрешности ПУИК_k, $k = \overline{1, K}$ в статическом режиме измерений представляют собой случайные величины с нали-

чем вариации, параметры которых зависят от величин напряжений на входе ПУИК_к U_{kH} , $k = \overline{1, K}$.

3.2.2. Экспериментальное определение предельных значений погрешностей программно-управляемых частей измерительных каналов в статическом режиме

При экспериментальном определении предельных значений $\Delta_{ср к у n}$, $k = \overline{1, K}$ сначала находят характеристики (точнее их оценки) составляющих погрешностей измерений $\Delta_{ср к у}(U)$, $k = \overline{1, K}$, на множестве значений $\{U_m\}_{1, M}$ фактора U :

- систематические составляющие

$$\hat{\Delta}_{с к у}(U_m), \quad m = \overline{1, M}, \quad k = \overline{1, K};$$

- среднеквадратические отклонения случайных составляющих погрешностей

$$\hat{\sigma}_{к у}(U_m), \quad m = \overline{1, M}, \quad k = \overline{1, K};$$

- вариации

$$\hat{H}_{к у}(U_m), \quad m = \overline{1, M}, \quad k = \overline{1, K};$$

По полученным оценкам рассчитываются предельные значения погрешностей ПУИК_к, $k = \overline{1, K}$ в статическом режиме из следующих соотношений:

$$\Delta_{ср к у n} = \max \{ |\Delta_{ср к у min}|, |\Delta_{ср к у max}| \}, \quad k = \overline{1, K} \quad (3.11)$$

где

$$\Delta_{ср к у min} = \frac{\hat{\sigma}_{к у max} + \hat{H}_{к у max} / 2}{\sqrt{1 - \rho}} + \hat{\Delta}_{с к у min},$$

$$\Delta_{ср к у max} = \frac{\hat{\sigma}_{к у max} + \hat{H}_{к у max} / 2}{\sqrt{1 - \rho}} + \hat{\Delta}_{с к у max},$$

$$\hat{\sigma}_{к у max} = \max_m \hat{\sigma}_{к у}(U_m), \quad m = \overline{1, M};$$

$$\hat{H}_{ky, \max} = \max_m \hat{H}_{ky}(U_m), m = \overline{1, M};$$

$$\hat{\Delta}_{cky, \min} = \min_m \hat{\Delta}_{cky}(U_m), m = \overline{1, M};$$

$$\hat{\Delta}_{eky, \max} = \max_m \hat{\Delta}_{cky}(U_m), m = \overline{1, M}.$$

P - доверительная вероятность оценивания предельных значений Δ_{cprkyk} , $k = \overline{1, K}$.

Для экспериментального исследования используется метод образцового источника /3/. Образцовые напряжения $U_m, m = \overline{1, M}$ вырабатываются источником калиброванных напряжений Ф-7046/6 (см. Рис.7 /1/). Получаемые результаты измерений $\tilde{X}_k(U_m)$ регистрируются в буферах $BUF_k, k = \overline{1, K}$. Истинные значения измеряемых параметров $X_k(U_m)$, которые соответствуют напряжениям U_m , рассчитываются программно с удвоенной точностью по (3.4).

4. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМПОНЕНТА

Предельные значения погрешностей измерений в статическом режиме определяется из соотношения

$$\Delta_{cprkn} = C_{ik} \Delta_{kn} + \Delta_{cprkyk}, k = \overline{1, K}, \quad (4.1)$$

где Δ_{kn} - предельное значение погрешности ПДУИК k ,

Δ_{cprkyk} - предельное значение погрешности ПУИК k в статическом режиме.

Величины Δ_{kn} заданы в /4/, а Δ_{cprkyk} определяются в соответствии с п.3.

5. 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 изучаемому материалу.
5. Провести экспериментальное исследование характеристики ПСИ на АК-01. Порядок запуска лабораторного эксперимента в диалоговом режиме приведен в /4/.
6. Провести анализ полученных результатов и построить математическую модель исследуемой ПУИК по точности в статическом режиме измерений в соответствии с п.3.
7. Оформить отчет по лабораторной работе в соответствии с требованиями, изложенными в п.5 /1/.
8. Отчитаться по лабораторной работе.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначена ПСИ ?
2. В чем сущность метода измерения значений параметров объекта исследований, реализуемого в ПСИ ?
3. К какому классу компонентов относится ПУИК при исследовании характеристик погрешностей в статическом режиме ?
4. Каким требованиям должен удовлетворять задачи *TASKA, A-1, K* ?
5. На каких компонентах ПСУ отражается неоднородность изме-

ряемых параметров ?

6. Объясните, почему погрешность подпрограммы, осуществляющей восстановление измеряемого параметра в соответствии с (2.25), в статическом режиме измерений равна нулю ?

7. Какое назначение имеют модули КАМАК, входящие в состав ПСИ ?

8. Чем определяется план проводимого эксперимента ?

9. Что представляют собой воздействия V_{kv} и отклики W при идентификации моделей ПУИК ?

10. Чем объясняется различие между идеальной и номинальной функциями преобразования ПУИК ?

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АСНИ	- автоматизированная система научных исследований
АЦП	- аналого-цифровой преобразователь
ИК	- измерительный канал
ОЗУ	- оперативное запоминающее устройство
ПН/ИК	- программно-неуправляемая часть измерительного канала
ПО	- программное обеспечение
ПСИ	- подсистема измерений
ПСУ	- подсистема управления АСНИ
ПУИК	- программно-управляемая часть измерительного канала
ФЗ	- функциональная часть задачи

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированный комплекс для оценивания характеристик АСНИ и их компонентов и обучения проектированию АСНИ. Общие принципы построения. /КуАИ. -Куйбышев. -1986. -С.58.
2. Автоматизированный комплекс для оценивания характеристик АСНИ и их компонентов и обучения проектированию АСНИ. Лабораторная работа № 3. Подсистема управления АСНИ. /КуАИ. -Куйбышев. -1987.
3. Автоматизированный комплекс для оценивания характеристик АСНИ и их компонентов и обучения проектированию АСНИ. Лабораторная работа № 1. Система измерения характеристик АСНИ и их компонентов. /КуАИ. -Куйбышев. -1986. -С.76.
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. -1987.

ПРИЛОЖЕНИЕ

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О МОДУЛЯХ КАМАК

1. Модуль 750 – релейный мультиплексор, предназначен для коммутации аналогового сигнала с выбранного входа на общий выход.

Основные технические характеристики :

- число входов 32;
- уровень коммутируемых сигналов, не более 10 В;
- переходное сопротивление, не более 0,3 Ом;
- частота переключений, не более 50 Гц.

Подключение коммутируемых цепей осуществляется через разъемы *IN1* и *IN2* (см.Рис.7). Общий выход мультиплексора выведен параллельно на два гнезда *OUTPUT*.

2. Модуль АЦЦ-14 – аналого-цифровой преобразователь, предназначен для преобразования напряжения в двоичный код.

Основные технические характеристики:

- диапазон преобразуемых напряжений $-7 В \dots +7 В$;
- число двоичных разрядов 14 (1 знаковый, 13 информационных);
- время преобразования, не более 2 мс;
- время выборки, не более 20 мкс;
- предел допускаемого значения приведенной погрешности $\gamma_n = 0,06\%$;
- предел допускаемого значения систематической составляющей погрешности $\Delta_{с,н} = 8 мВ$;
- предел допускаемого значения среднеквадратического отклонения случайной составляющей погрешности $\sigma_n^2 = 4 мВ$;
- предел допускаемого значения вариации $H_n = 4 мВ$;
- входное сопротивление, не менее 1 Мом.

Передняя панель модуля АЦП-14 Передняя панель модуля 750

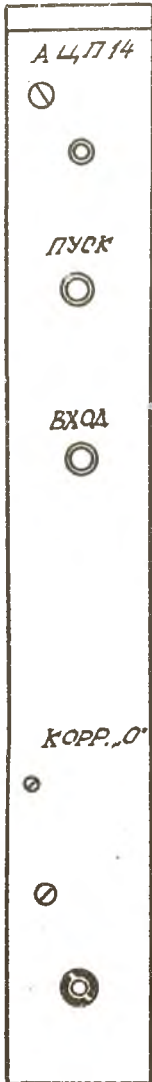


Рис. 6

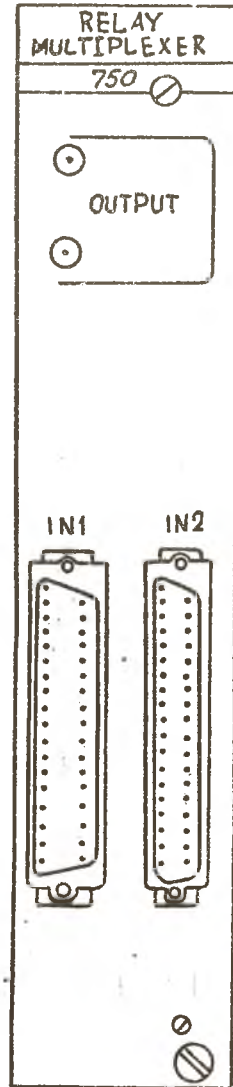


Рис. 7

Преобразуемое напряжение подается на гнездо ВХОД (см.Рис. 6). Гнездо ПУСК служит для запуска преобразования от внешнего генератора. Предусмотрена возможность коррекции фазы. Светодиод индикации указывает состояние сигнала запроса.