

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Подлежит публикации  
в открытой печати

"СОГЛАСОВАНО"  
Зам. Генерального директора  
РОСТЕСТ-МОСКВА



<p>Комплекс программно-технических средств метрологического обеспечения для систем управления и защиты реакторных установок АЭС</p> <p><b>МС-КИНЕТИКА</b> Заводской номер 001</p>	<p>Внесен в государственный реестр средств измерений Регистрационный № <b>20787-01</b></p> <p>Взамен № _____</p>
---	--

Выпускается по технической документации ГНЦ РФ – ФЭИ. г.Обнинск Калуж.обл.

### НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Комплекс программно-технических средств метрологического обеспечения МС-КИНЕТИКА для систем управления и защиты реакторных установок АЭС (далее по тексту: стенд МС-КИНЕТИКА) предназначен:

- для воспроизведения и измерения сигналов тока, напряжения и частоты следования импульсов;
- для имитирования сигналов, аналогичных сигналам токовых ионизационных камер, камер деления и пропорциональных счетчиков при всех возможных режимах работы реакторной установки АЭС, включая аварийные, а также сигналов, присущих отдельным блокам и цепям каналов СУЗ РУ АЭС;
- для имитирования в реальном масштабе времени значений нейтронной мощности и периодов ее изменения, а также значений реактивности по законам, присущим работе ядерных реакторов;
- для проведения метрологических испытаний штатной аппаратуры контроля нейтронного потока (АКНП) СУЗ РУ АЭС в процессе её эксплуатации;
- для генерирования контрольных сигналов при настройке и ремонте вычислителей реактивности, а также комплектов аппаратуры, входящей в токовые и импульсные каналы АКНП РУ АЭС, отдельных блоков и узлов АКНП в процессе их эксплуатации;
- для настройки и поверки контрольно-измерительной аппаратуры СУЗ (токовые и импульсные поверочные устройства, вычислители реактивности, имитаторы кинетики ядерного реактора), а также блоков штатной аппаратуры СУЗ (усилители защиты по мощности и скорости ее изменения, измерители скорости счета, блоки пороговых устройств, триггерные устройства и др.);
- для проведения метрологических испытаний и настройки вторичной аппаратуры измерительных каналов СУЗ РУ АЭС по мощности, скорости ее изменения и величине введенной реактивности;

- для проведения метрологических испытаний и настройки уставок аварийной защиты РУ АЭС по мощности, скорости ее изменения (периоду) и величине положительной введенной реактивности;
- для самопроверки работоспособности стенда МС-КИНЕТИКА;
- для регистрации и обработки результатов измерений, вычисления погрешностей и генерации протоколов метрологических испытаний.

## ОПИСАНИЕ

Комплекс программно-технических средств метрологического обеспечения МС-КИНЕТИКА для систем управления и защиты реакторных установок АЭС построен на базе ПК класса Pentium и измерительной системы КАМАК.

Наличие в составе стенда прецизионных измерителей параметров сигналов, поступающих от детекторных блоков АКНП или иных источников сигналов, значительно расширяет метрологические возможности стенда. При этом МС-КИНЕТИКА можно рассматривать как устройство, состоящее из двух частей: генераторной, имитирующей сигналы от блоков АКНП, и измерительной, программно - управляемых от персонального компьютера (ПК).

При выполнении функции испытания АКНП стенд МС-КИНЕТИКА представляет собой управляемый с помощью ПК генератор образцовых сигналов, устанавливаемых и изменяемых во времени в соответствии с введенной программой. Программа определяет также порядок формирования сигналов в процессе испытаний различных типов вторичной аппаратуры измерительных каналов АКНП, т.е. при проведении всех видов наладочных и метрологических работ. При использовании стенда в режиме измерителя внешних сигналов он представляет собой программно - управляемый прецизионный измеритель тока, напряжения и частоты следования импульсов в широком диапазоне значений. При этом процессы генерации испытательных сигналов и измерения ответных сигналов испытываемой аппаратуры происходят одновременно. Благодаря этому никакая другая аппаратура при проведении настройки и поверки блоков АКНП, как правило, не требуется.

Программно-управляемые блоки формируют выходные сигналы стенда, используемые для настройки и поверки каналов и блоков АКНП СУЗ: сигналы токовые (ПУТПУ1, ПУТПУ2, ПУТПУ3, ПУТПУ4), импульсные (ПУИПУ) и сигналы напряжения (ПУЗН).

Программно - управляемые измерительные блоки ПУИН, ПУИМ, счетчик импульсов типа 420А обеспечивают измерение величины сигналов напряжения и тока, а также частоты следования импульсных сигналов, соответственно.

Программное обеспечение стенда МС-КИНЕТИКА позволяет с помощью набора меню инструкций, сообщений и подсказок, представляемых на экране монитора организовать требуемый режим работы стенда для формирования выходных и измерения входных сигналов, а также обработку и архивирование полученных результатов, вычисление погрешностей и выдачу протоколов.

### ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

<b>1) Генераторная часть стенда МС-КИНЕТИКА.</b>	
1.1 Последовательность выходных испытательных импульсов генерируется модулем ПУИПУ. Диапазон частот следования импульсов, Гц .....	$1.0 \div 1.1 \cdot 10^7$
Диапазон частот следования импульсов разбит на поддиапазоны : Поддиапазон - от 1 Гц до 40 кГц; Поддиапазон - от 40 кГц до 11 МГц;	

1.2 Выходной ток для испытания токоизмерительной аппаратуры генерируется модулями ПУТПУ1, ПУТПУ2, ПУТПУ3, ПУТПУ4.	
1.2.1 Диапазон выходного тока модуля ПУТПУ1, А.	Плюс ( $10^{-12} \div 10^{-2}$ )
Диапазон выходного тока ПУТПУ1 разбит на поддиапазоны : Поддиапазон " $10^{-10}$ А"; Поддиапазон " $10^{-8}$ А"; Поддиапазон " $10^{-6}$ А"; Поддиапазон " $10^{-4}$ А"; Поддиапазон " $10^{-2}$ А".	
Динамический диапазон выходного тока на каждом поддиапазоне, декад, не менее .....	2
1.2.2 Диапазон выходного тока модуля ПУТПУ2, А.....	минус ( $10^{-12} \div 10^{-2}$ )
Диапазон выходного тока ПУТПУ2 разбит на поддиапазоны: Поддиапазон " $10^{-10}$ А"; Поддиапазон " $10^{-8}$ А"; Поддиапазон " $10^{-6}$ А"; Поддиапазон " $10^{-4}$ А"; Поддиапазон " $10^{-2}$ А".	
Динамический диапазон выходного тока на каждом поддиапазоне, декад, не менее .....	2
1.2.3 Диапазон выходного тока модуля ПУТПУ3, А.....	плюс ( $10^{-6} \div 10^{-2}$ )
Диапазон выходного тока ПУТПУ3 разбит на поддиапазоны: Поддиапазон " $10^{-4}$ А"; Поддиапазон " $10^{-2}$ А".	
Динамический диапазон выходного тока на каждом поддиапазоне, декад, не менее .....	2
1.2.4 Диапазон выходного тока модуля ПУТПУ4, А.....	минус ( $10^{-6} \div 10^{-2}$ )
Динамический диапазон выходного тока на каждом поддиапазоне, декад, не менее .....	2
Диапазон выходного тока ПУТПУ4 разбит на поддиапазоны: Поддиапазон " $10^{-4}$ А"; Поддиапазон " $10^{-2}$ А".	
1.3 Диапазон имитации изменения мощности ЯР с периодами удвоения или "уЕения" (в Е раз), С .....	$\pm (1 \div 200)$
1.4 Диапазон имитации введенной реактивности по уравнениям кинетики Для точечной модели реактора, $\beta_{эфф}$ .....	минус $20 \div 0 \div +1,0$
1.5 Число групп запаздывающих нейтронов и фотонейтронов .....	до 16
1.6 Выходное напряжение генерируется модулем ПУЗН. Диапазоны выходного напряжения: от плюс 20мВ до плюс 150 В от минус 20мВ до минус 150 В $\pm (1мВ \div 10 В)$	
1.7 Предел допускаемой относительной погрешности задания величины положительного и отрицательного тока, %, не более:	
От $1 \cdot 10^{-12}$ до $1 \cdot 10^{-11}$ А .....	$\pm 10,0$
От $1 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-10}$ А .....	$\pm 5,0$
От $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ А .....	$\pm 1,0$
От $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ А .....	$\pm 0,5$
1.8 Предел допускаемой относительной погрешности задания частоты следования импульсов, %, не более.....	$\pm 0,5$
1.9 Диапазон значений коэффициента линейного изменения:	
- по току, А/с .....	от $-1 \cdot 10^{-3}$ до $+1 \cdot 10^{-3}$
- по частоте, имп./с <sup>2</sup> .....	от 0 до $+1 \cdot 10^3$
- по напряжению, В/с.....	от -10 до +10
1.10 Предел допускаемой относительной погрешности задания значения периода изменения мощности, %, не более.....	$\pm 1,0$
1.11 Предел допускаемой относительной погрешности задания коэффициента линейного изменения мощности, %, не более .....	$\pm 1,0$
1.12 Предел допускаемой относительной погрешности задания значения введенной реактивности (инструментальной), %, не более .....	$\pm 1,0$

1.13 Предел допускаемой относительной погрешности задания скорости изменения введенной реактивности .....		не нормируется.
1.14 Предел допускаемой относительной погрешности задания величины напряжения, %, не более для диапазонов выходного напряжения:		
от плюс 20мВ до плюс 150 В и от минус 20мВ до минус 150 В .....		$\pm (0.2+0.03(U_k/U_x - 1))$
от плюс 1мВ до плюс 10 В и от минус 1мВ до минус 10 В .....		$\pm (0.2+0.03(U_k/U_x - 1))$
где $U_k$ - верх. пред. шкалы, $U_x$ - зад. значение		
1.15 Амплитуда выходных импульсов, В, .....		$5.0 \pm 0.5$
1.16 Длительность выходного импульса, нС .....		$30 \pm 5$
1.17 Полярность выходных импульсов .....		положительная.
1.18 Переключение поддиапазонов по частоте и току .....		автоматическое.
1.19 Число разрядов цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) и (АЦП) .....		16
1.20 Время преобразования ЦАП, мкс .....		0.7
<b>2) Измерительная часть стенда МС-КИНЕТИКА.</b>		
2.1 Число аналоговых входов:		
ток положительной и отрицательной полярности ( $1 \cdot 10^{-12} \div 1 \cdot 10^{-3}$ ) А .....		2
напряжение постоянного тока $\pm (0 \div 100)$ мВ .....		2
напряжение постоянного тока $\pm (0 \div 15)$ В .....		4
напряжение постоянного тока $\pm (0 \div 10)$ В .....		1
напряжение постоянного тока $\pm (0 \div 150)$ В .....		4
2.2 Вид управления .....		Устанавливается программно.
2.3 Наличие защиты от перегрузки по входу .....		Имеется
2.4 Число импульсных входов .....		2
2.5 Время опроса аналоговых входов, мс .....		10
2.6 Предел допускаемой относительной погрешности измерения напряжения:		
№ входа	Диапазон	Относительная погрешность, %
1	$\pm (0 \div 100)$ мВ	$\pm [0.4 + 0.03 * (0.1/U_x - 1)]$
2	$\pm (0 \div 100)$ мВ	$\pm [0.4 + 0.03 * (0.1/U_x - 1)]$
3	$\pm (0 \div 10)$ В	$\pm [0.2 + 0.03 * (10/U_x - 1)]$
4	$\pm (0 \div 15)$ В	$\pm [0.2 + 0.03 * (15/U_x - 1)]$
5	$\pm (0 \div 15)$ В	$\pm [0.2 + 0.03 * (15/U_x - 1)]$
6	$\pm (0 \div 15)$ В	$\pm [0.2 + 0.03 * (15/U_x - 1)]$
7	$\pm (0 \div 15)$ В	$\pm [0.2 + 0.03 * (15/U_x - 1)]$
8	$\pm (0 \div 150)$ В	$\pm [0.2 + 0.03 * (150/U_x - 1)]$
9	$\pm (0 \div 150)$ В	$\pm [0.2 + 0.03 * (150/U_x - 1)]$
10	$\pm (0 \div 150)$ В	$\pm [0.2 + 0.03 * (150/U_x - 1)]$
11	$\pm (0 \div 150)$ В	$\pm [0.2 + 0.03 * (150/U_x - 1)]$
Где $U_x$ - значение входного напряжения, В.		
2.7 Предел допускаемой относительной погрешности измерения постоянного тока:		
№ п/диапазона	Предел измерения	Относительная погрешность, %
1	$\pm (1 \cdot 10^{-12} \div 1 \cdot 10^{-10})$ А	$\pm [3.0 + 0.03 * (10^{-10}/I_x - 1)]$
2	$\pm (1 \cdot 10^{-10} \div 1 \cdot 10^{-8})$ А	$\pm [0.2 + 0.03 * (10^{-8}/I_x - 1)]$
3	$\pm (1 \cdot 10^{-8} \div 1 \cdot 10^{-6})$ А	$\pm [0.2 + 0.03 * (10^{-6}/I_x - 1)]$
4	$\pm (1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-4})$ А	$\pm [0.2 + 0.03 * (10^{-4}/I_x - 1)]$
5	$\pm (1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-2})$ А	$\pm [0.2 + 0.03 * (10^{-2}/I_x - 1)]$
где $I_x$ - значение входного тока, А.		
2.8 Предел допускаемой относительной погрешности измерения частоты, %, не более .....		$\pm (1/(f_{изм} * t))$ %, где $f_{изм}$ - измеряемая частота, Гц, $t$ - ширина канала, с.
2.9 Предел допускаемой относительной погрешности измерения коэффициента линейного изменения тока, напряжения, частоты, %, не более .....		$\pm 1.0$
2.10 Предел допускаемой относительной погрешности измерения значения введенной реактивности (инструментальной) по току и частоте, %, не более ....		$\pm 1.0$

2.11 Предел допускаемой относительной погрешности измерения значения периода изменения тока, напряжения, частоты, %, не более .....	± 1.0
<b>3) Требования к внешней среде и электроснабжению.</b>	
3.1 Время непрерывной работы, час. не менее .....	8
3.2 Условия окружающей среды:	
Температура, град С° .....	20 + 25
Влажность воздуха при 20 град С°, не более .....	80
Давление воздуха, кПа .....	100 ± 4
3.3 Напряжение питающей сети, В .....	220 ± 22
3.4 Частота напряжения питающей сети, Гц .....	50 ± 1
3.5 Мощность, потребляемая от сети при номинальном напряжении, Вт, не превышает .....	250
3.6 Габаритные размеры КАМАК, мм .....	485x575x310
3.7 Масса КАМАК, кг .....	35
<b>4) Используемое оборудование.</b>	
4.1 Тип используемого ПК .....	IBM PC
4.2 Тип используемой измерительной системы .....	КАМАК

### ЗНАК УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА

Знак утверждения типа средства измерения наносится на передней панели стенда в правом нижнем углу и на титульном листе руководства по эксплуатации.

### КОМПЛЕКТНОСТЬ

Стенд МС-КИНЕТИКА выполнен на основе ПК класса Pentium и измерительной системы КАМАК.

- В комплект поставки стенда входят:
- Руководство по эксплуатации
  - каркас КАМАК с блоком питания и контроллером типа "САМАС INTERFACE 106А" с комплектом принадлежностей – 1шт.;
  - установочный двойной счетчик типа 420А – 1 шт.;
  - программно - управляемые токовые поверочные устройства (ПУТПУ1, ПУТПУ2, ПУТПУ3, ПУТПУ4), изготовленные в стандарте КАМАК – 4шт.;
  - программно - управляемое импульсное поверочное устройство (ПУИПУ), изготовленное в стандарте КАМАК – 1шт.;
  - программно - управляемый задатчик напряжения (ПУЗН), изготовленный в стандарте КАМАК – 1шт.;
  - программно - управляемый блок измерения напряжения (ПУИН), изготовленный в стандарте КАМАК – 1шт.;
  - программно - управляемый измеритель тока каналов контроля мощности (ПУИМ), изготовленный в стандарте КАМАК – 1шт.;
  - программное обеспечение (базовое) на дискетах 3,5" – 2шт.
  - ПК класса Pentium – 1шт.;
- Комплект принадлежностей включает:
- плата сопряжения ПК с контроллером каркаса КАМАК – 1шт.;
  - кабель связи платы сопряжения с контроллером каркаса КАМАК – 1 шт.
- В комплект поставки по дополнительному заказу может входить:
- методики для настройки и поверки приборов или оборудования (по согласованию с заказчиком);
  - прикладное ПО методик для настройки и поверки;
  - кабели для подсоединения соответствующих приборов или оборудования.

## ПОВЕРКА

Поверка стенда осуществляется в соответствии с разделом 10 "Поверка стенда МС-КИНЕТИКА" руководства по эксплуатации, согласованным Ростест-Москва.

Основные средства поверки:

1. Прибор комбинированный цифровой Щ-300;  
для поддиапазона 100 нА;  $\delta = \pm[0,2+0,1(I_k/I_x-1)]\%$ ,  
для поддиапазона 1мкА;  $\delta = \pm[0,1+0,05(I_k/I_x-1)]\%$ ,  
для поддиапазона 10мкА-1мА;  $\delta = \pm[0,1+0,02(I_k/I_x-1)]\%$ ,  
где:  $I_k$  - предел измерения,  $I_x$  - измеряемая величина,  
диапазон напряжений от 100 мВ до 1кВ,  $\pm [0,05 + 0,02(U_k/U_x)]\%$ ;
2. Усилитель напряжения постоянного тока электрометрический У5-11;  
для коэффициента передачи от  $10^{10}$  до  $10^{13}$  В/А,  $\delta = \pm[2,5+0,1(I_k/I_x-1)]\%$ ,  
для коэффициента передачи от  $10^3$  до  $10^9$  В/А,  $\delta = \pm[0,5+0,1(I_k/I_x-1)]\%$ ,  
где:  $I_k = U/K$  - конечное значение входного тока для данного поддиапазона, А,  
 $I_x$  - измеряемая величина;
3. Частотомер с цифровым отсчетом ЧЗ-54;  
 $\delta = \pm(1,5 \cdot 10^{-7} + 1/(f_{изм} \cdot t_{сч}))\%$ ,  
где  $f_{изм}$  - измеряемая частота, Гц,  $t_{сч}$  - время счёта, с;
4. Осциллограф С1-96;  
предел допускаемой относительной погрешности не более 3%;
5. Задатчик малых токов ЕК1-6  
для поддиапазонов тока: от  $1 \cdot 10^{-12}$  до  $1 \cdot 10^{-10}$  А,  $\delta_I = \pm 1\%$ ;
6. Калибратор-вольтметр универсальный В1-28  
для поддиапазонов тока: от  $1 \cdot 10^{-10}$  до  $2 \cdot 10^{-4}$  А,  $\delta_I = \pm 0,01\%$ ,  
от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $2 \cdot 10^{-3}$  А,  $\delta_I = \pm 0,006\%$ ,  
от  $1 \cdot 10^{-8}$  до  $2 \cdot 10^{-2}$  А,  $\delta_I = \pm 0,006\%$ ,  
для поддиапазонов напряжения:  
от  $1 \cdot 10^{-5}$  до 20В,  $\delta_U = \pm 0,003\%$ ,  
от 20 до 200В,  $\delta_U = \pm 0,004\%$ ;
7. Генератор Г5-72;  
предел допускаемой относительной погрешности не более 0,3%.  
Межповерочный интервал – 1 год.

## НОРМАТИВНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

ГОСТ 22261-94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.

Техническая документация изготовителя

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплекс программно-технических средств метрологического обеспечения МС-КИНЕТИКА для систем управления и защиты реакторных установок АЭС соответствует требованиям нормативной документации.

Изготовитель: Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт, 249033, г. Обнинск Калужской обл., пл. Бондаренко, 1.

Первый заместитель  
Генерального директора –  
Главный инженер ГНЦ РФ-ФЭИ

м.п.



Директор отделения  
ГНЦ РФ-ФЭИ

А.Н. Забудько

Начальник отдела  
ГНЦ РФ-ФЭИ

С.А. Морозов

Начальник лаборатории  
ГНЦ РФ-ФЭИ

В.К. Крашевников