



СОГЛАСОВАНО:

Директор ГИИ СИ ФГУ "УРАЛТЕСТ"

Р.Е. Крюков

2008 г.

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

<b>Комплекс измерительно-вычислительный ММК-С15Э</b>	<b>Внесен в Государственный реестр средств измерений</b> <b>Регистрационный номер</b> <u>39702-08</u>
--	--

Изготовлен по технической документации ООО "K2S", г. Смоленск в 2006 г.

Заводской номер 0003.

### НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Комплекс измерительно-вычислительный ММК-С15Э (далее - комплекс) предназначен для измерения статических магнитных характеристик образцов магнитомягких материалов в соответствии с ГОСТ 8.377-80, определения магнитных свойств образцов электротехнических сталей в соответствии с ГОСТ 12119.1-98, ГОСТ 12119.2-98, ГОСТ 12119.3-98, поверки мер магнитного потока, мер магнитной индукции и измерительных катушек магнитной индукции (далее - ИКМИ) в соответствии с РД 50-486-84 индукционно-импульсным методом в коммутационном режиме. По метрологическим характеристикам комплекс соответствует рабочим эталонам 1-го разряда по ГОСТ 8.030-91.

Область применения: аттестация образцов магнитомягких материалов и образцов электротехнических сталей, поверка мер магнитного потока, мер магнитной индукции и ИКМИ в научно-исследовательских институтах и метрологических центрах.

### ОПИСАНИЕ

Принцип действия комплекса заключается в измерении приращений магнитного потока, вызванных скачкообразным изменением напряженности магнитного поля. Измерение приращений магнитного потока осуществляется преобразованием ЭДС на измерительной обмотке образца (вторичной обмотке меры магнитного потока или на ИКМИ) в сигнал, пропорциональный магнитному потоку. Изменение напряженности магнитного поля происходит путем формирования токов заданной величины в намагничивающей обмотке образца (первичной обмотке меры магнитного потока или меры магнитной индукции). Комплекс измеряет мгновенные значения сигнала пропорционального магнитному потоку и мгновенные значения тока намагничивающей или первичной обмотки. По результатам измерений производится расчёт магнитных

характеристик образца, постоянных мер магнитного потока, мер магнитной индукции и ИКМИ.

Комплекс обеспечивает определение основной кривой намагничивания, петли магнитного гистерезиса по индукции, начальной магнитной проницаемости, максимальной магнитной проницаемости, остаточной индукции, коэрцитивной силы по индукции, коэффициента прямоугольности петли магнитного гистерезиса на кольцевых образцах магнитомягких материалов, коэрцитивной силы по намагниченности на прямолинейных образцах в соответствии с ГОСТ 8.377-80, магнитной индукции и коэрцитивной силы образцов электротехнических сталей в аппарате Эпштейна и на кольцевых образцах электротехнических сталей в соответствии с ГОСТ 12119.1-98, измерения магнитной индукции в пермеамetre в соответствии с ГОСТ 12119.2-98, измерения коэрцитивной силы в разомкнутой магнитной цепи в соответствии с ГОСТ 12119.3-98.

В состав комплекса входит блок ММК-С15Э, три меры взаимной индуктивности (меры магнитного потока) Р5009, мера магнитного потока КВ-7, мера магнитной индукции (соленоид) СД-3, пермеамetre средних полей, пять ИКМИ, управляющая ЭВМ, аппарат Эпштейна, устройство для испытания кольцевых образцов и комплект соединительных кабелей. При проведении измерений первичный преобразователь магнитных свойств (аппарат Эпштейна, устройство для испытания кольцевых образцов, поверяемая мера магнитного потока, мера магнитной индукции или ИКМИ) подключается к блоку ММК-С15Э.

Функционально блок ММК-С15Э состоит из управляемого источника питания, управляемого источника тока намагничивания и управляемого многопредельного двухканального веберметра. Блок ММК-С15Э предназначен для формирования тока намагничивания (коммутации тока намагничивания), преобразования ЭДС на измерительной обмотке в сигнал, пропорциональный магнитному потоку, измерения мгновенных значений тока намагничивания и сигнала пропорционального магнитному потоку. Передача команд управления блоком ММК-С15Э и результатов измерения (массивы мгновенных значений тока намагничивания и сигнала пропорционального магнитному потоку) между управляющей ЭВМ и блоком ММК-С15Э осуществляется по каналу RS-232С.

Программное обеспечение управляющей ЭВМ обеспечивает ввод исходных данных, выбор режимов измерения, управление процессом измерения, расчет магнитных характеристик образцов по результатам измерений, сохранение результатов измерений в базе данных для последующей обработки, вывод результатов измерений на экран ЭВМ, а также формирование и вывод на печать протоколов измерений.

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерения магнитной индукции $B$	от 0.10 мТл до 2.25 Тл
Основная относительная погрешность измерения магнитной индукции при определении основной кривой намагничивания $\delta_B$ в диапазоне:	
— от 0.1 до 5.0 мТл включительно при напряженности магнитного поля не менее 0.04 А/м, %	$\pm 2.0$
— от 5 до 500 мТл включительно при напряженности магнитного поля не менее 0.2 А/м, %	$\pm 1.5$
— от 0.5 до 2.25 Тл включительно при напряженности магнитного поля не менее 10 А/м, %	$\pm 0.6$
Диапазон задания и измерения напряженности магнитного поля $H$	от 1 мА/м до 10000 А/м
Основная относительная погрешность задания напряженности магнитного поля $\delta_H$ , % в диапазоне:	
— от 1 до 40 мА/м включительно, %	$\pm \left( 0.5 + 0.1 \cdot \left( \frac{0.04 \text{ А / м}}{H_{\text{зад}}} - 1 \right) \right)$ , где $H_{\text{зад}}$ - заданное значение напряженности магнитного поля, А/м
— от 0.04 до 2500 А/м включительно, %	$\pm 0.3$
— от 2500 до 10000 А/м включительно, %	$\pm 0.5$
Основная относительная погрешность измерения напряженности магнитного поля $\delta_H$ , % в диапазоне:	
— от 1 до 40 мА/м включительно, %	$\pm \left( 0.1 + 0.1 \cdot \left( \frac{0.04 \text{ А / м}}{H_{\text{изм}}} - 1 \right) \right)$ , где $H_{\text{изм}}$ - измеренное значение напряженности магнитного поля, А/м
— от 0.04 до 2500 А/м включительно, %	$\pm 0.1$
— от 2500 до 10000 А/м включительно, %	$\pm 0.2$
Диапазон измерения коэрцитивной силы по индукции $H_{C,B}$ , А/м	от 0.1 до 4000.0
Основная относительная погрешность измерения коэрцитивной силы по индукции $\delta_{H_{C,B}}$ , %	$\pm (1.5 + 0.005 \cdot (\frac{H}{H_{C,B}} - 1))$ , где $H$ – заданная напряженность магнитного поля при которой определяется коэрцитивная сила по индукции, А/м; $H_{C,B}$ - коэрцитивная сила по индукции, А/м
Диапазон измерения коэрцитивной силы по намагниченности $H_{C,M}$ , А/м	от 50 до 20000
Основная относительная погрешность измерения коэрцитивной силы по намагниченности $\delta_{H_{C,M}}$ , %	$\pm 1.0$
Диапазон измерения магнитной проницаемости $\mu$ при заданной напряженности магнитного поля не менее 0.04 А/м, мГн/м	от 1 до 1000

Наименование характеристики	Значение характеристики
Основная относительная погрешность измерения магнитной проницаемости $\delta\mu$ при заданной напряженности магнитного поля не менее 0.04 А/м, %	$\pm 3$
Диапазон измерения коэффициента прямоугольности петли магнитного гистерезиса $K_{\square,h}$	от 0.1 до 1
Основная относительная погрешность измерения коэффициента прямоугольности петли магнитного гистерезиса $\delta K_{\square,h}$ , %	$\pm 1.5$
Диапазон измерения магнитного потока $\Psi$	от 0.1 мкВб до 100.0 мВб
Основная относительная погрешность измерения магнитного потока $\delta\psi$ , % в диапазоне:	
— менее 1 мкВб, %	$\pm \left( 0.5 + 0.2 \cdot \left( \frac{10^{-6} \text{ Вб}}{\Psi_{\text{изм}}} - 1 \right) \right)$ , где $\Psi_{\text{изм}}$ -измеренное комплексом значение потока, Вб
— от 1 до 10 мкВб включительно, %	$\pm 0.5$
— от 10 до 100 мкВб включительно, %	$\pm 0.2$
— от 0.1 до 1.0 мВб включительно, %	$\pm 0.2$
— от 1 до 10 мВб включительно, %	$\pm 0.2$
— от 10 до 100 мВб включительно, %	$\pm 0.3$
Диапазон задания и измерения тока намагничивания $I$	от 30 мкА до 10 А
Основная относительная погрешность задания тока намагничивания $\delta_I$ , % в диапазоне:	
— менее 0.5 мА, %	$\pm \left( 0.2 + 0.1 \cdot \left( \frac{0.0005 \text{ А}}{I_3} - 1 \right) \right)$ , где $I_3$ -заданное значение тока, А
— от 0.5 до 5.0 мА включительно, %	$\pm 0.2$
— от 1 до 50 мА включительно, %	$\pm 0.2$
— от 10 до 500 мА включительно, %	$\pm 0.1$
— от 0.1 до 5.0 А включительно, %	$\pm 0.2$
— от 1 до 10 А включительно, %	$\pm 0.4$
Отношение амплитуды переменной составляющей выходного напряжения, в диапазоне частот до 100 кГц, к постоянной составляющей выходного напряжения источника тока намагничивания, %	не более 0.05
Основная относительная погрешность измерения тока намагничивания $\delta_I$ , % в диапазоне:	
— менее 0.5 мА, %	$\pm \left( 0.1 + 0.05 \cdot \left( \frac{0.0005 \text{ А}}{I_{\text{изм}}} - 1 \right) \right)$ , где $I_{\text{изм}}$ -измеренное комплексом значение тока, А
— от 0.5 до 5.0 мА включительно, %	$\pm 0.10$
— от 1 до 50 мА включительно, %	$\pm 0.05$
— от 10 до 500 мА включительно, %	$\pm 0.05$
— от 0.1 до 5.0 А включительно, %	$\pm 0.10$
— от 1 до 10 А включительно, %	$\pm 0.10$
Нестабильность тока намагничивания, % в минуту	не более 0.05

Наименование характеристики	Значение характеристики
Нестабильность тока намагничивания при смене полярности, % в диапазоне:	
– менее 0.5 мА, %	$\pm \left( 0.1 + 0.05 \cdot \left( \frac{0.0005}{I_{изм}} \frac{A}{-1} \right) \right)$ , где $I_{изм}$ -измеренное комплексом значение тока, А
– от 0.5 мА до 10 А включительно, %	не более 0.05
Измерительные катушки магнитной индукции ИКМИ-1:	
– значение постоянной ИКМИ $K_{sw}$ , Вб/Тл	от 0.005 до 0.05
– предел основной допускаемой относительной погрешности постоянной ИКМИ $\delta K_{sw}$ , %	$\pm 0.5$
Измерительные катушки магнитной индукции ИКМИ-2:	
– значение постоянной ИКМИ $K_{sw}$ , Вб/Тл	от 0.1 до 1.0
– предел основной допускаемой относительной погрешности постоянной ИКМИ $\delta K_{sw}$ , %	$\pm 0.3$
Меры взаимной индуктивности Р5009:	
– значение постоянной меры по магнитному потоку М, Вб/А	$10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}$
– предел основной допускаемой относительной погрешности $\delta M$ , %	от 0.05 до 0.1
Мера магнитного потока КВ-7:	
– значение постоянной меры по магнитному потоку М, Вб/А	от $0.9 \cdot 10^{-2}$ до $1.0 \cdot 10^{-2}$
– предел основной допускаемой относительной погрешности $\delta M$ , %	$\pm 0.15$
Мера магнитной индукции (соленоид) СД-3:	
– значение постоянной СД-3 $K_H$ , 1/м	от 7000 до 8000
– предел основной допускаемой относительной погрешности постоянной СД-3 $\delta K_H$ , %	$\pm 0.3$
Напряжение питающей сети, В	$220 \pm 22$
Частота питающей сети, Гц	$50 \pm 0.5$
Средний срок службы, лет	не менее 10
Габаритные размеры составных частей установки:	
– блок ММК-С15Э, не более, мм	430×490×690
– устройство для испытания образцов кольцевой формы, не более, мм	270×420×300
– мера магнитной индукции (соленоид) СД-3, не более, мм	200×1100×200
– пермеаметр средних полей ПСП, не более, мм	450×550×250
Масса составных частей установки:	
– блок ММК-С15Э, не более, кг	100
– устройство для испытания образцов кольцевой формы, не более, кг	10
– мера магнитной индукции (соленоид) СД-3, не более, кг	150
– пермеаметр средних полей ПСП, не более, кг	20
Необходимая площадь для размещения установки, м <sup>2</sup>	не более 6
Условия эксплуатации:	
– диапазон рабочих температур, °С	от плюс 15 до плюс 25
– относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80
– атмосферное давление, кПа	от 84 до 106.7

## ЗНАК УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА

Знак утверждения типа наносят печатным способом на титульном листе руководства по эксплуатации и методом наклейки этикетки на лицевой панели блока ММК-С15Э.

### КОМПЛЕКТНОСТЬ

Обозначение	Наименование	Количество
К2S.000001.001РЭ	Комплекс измерительно-вычислительный ММК-С15Э. Руководство по эксплуатации	1
МП 4201-11-2008	Комплекс измерительно-вычислительный ММК-С15Э. Методика поверки	1
К2S.000001.001	Блок ММК-С15Э.	1
Р5009	Меры взаимной индуктивности Р5009.	3
3.421.004ПС	Мера взаимной индуктивности Р5009. Паспорт	3
ИКМИ-1	Измерительные катушки магнитной индукции ИКМИ-1	2
ИКМИ-2	Измерительные катушки магнитной индукции ИКМИ-2	3
СД-3	Мера магнитной индукции (соленоид) СД-3	1
КВ-7	Мера магнитного потока	1
РЭ	Мера магнитного потока КВ-7.Руководство по эксплуатации	1
АЭ-01	Аппарат Эпштейна	1
РЭ	Аппарат Эпштейна (первичный преобразователь магнитных свойств) АЭ-01. Руководство по эксплуатации	1
П5113	Устройство для испытания кольцевых образцов	1
ПСП	Пермеаметр средних полей ПСП	1
-	Управляющая ЭВМ	1
К2S.000001.201	Программное обеспечение установки (на CD-ROM)	1
К2S.000001.101	Комплект кабелей	1

### ПОВЕРКА

Поверку комплекса измерительно-вычислительного ММК-С15Э производят в соответствии с методикой поверки МП 4201-11-2008 "Комплекс измерительно-вычислительный ММК-С15Э. Методика поверки", утверждённой ГЦИ СИ ФГУ "УРАЛТЕСТ" в июле 2008 г. и согласованной ФГУП "ВНИИМ им. Д.И.Менделеева" в сентябре 2008 г.

В перечень основного поверочного оборудования входят:

- Государственный первичный эталон единиц магнитных величин ГЭТ 12-91;
- Измеритель магнитной индукции Ш1-9;
- Катушки электрического сопротивления Р331, Р321, Р310;
- Цифровой мультиметр Agilent 34410А;
- Государственный стандартный образец магнитных свойств ГСО 2191-81 (СОТЭС-4);
- Микровеберметр Ф191.

Межповерочный интервал 1 год.

## НОРМАТИВНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

ГОСТ 8.030-91 "ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерения магнитной индукции постоянного поля в диапазоне  $1 \cdot 10^{-12} \div 5 \cdot 10^{-2}$  Тл, постоянного магнитного потока, магнитной индукции и магнитного момента в интервале частот  $0 \div 20000$  Гц";

ГОСТ 8.377-80 "ГСИ. Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик";

ГОСТ 12119.1-98 "Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Методы измерения магнитной индукции и коэрцитивной силы в аппарате Эпштейна и на кольцевых образцах в постоянном магнитном поле";

ГОСТ 12119.2-98 "Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Метод измерения магнитной индукции в пермеамetre";

ГОСТ 12119.3-98 "Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Метод измерения коэрцитивной силы в разомкнутой магнитной цепи";

РД 50-486-84 "Методические указания. Катушки магнитного потока и измерительные катушки. Методы и средства поверки";

Техническая документация ООО «K2S», г. Смоленск.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тип комплекса измерительно-вычислительного ММК-С15Э зав. № 0003 утверждён с техническими и метрологическими характеристиками, приведёнными в настоящем описании типа и метрологически обеспечен при выпуске из производства и в эксплуатации согласно государственной поверочной схеме.

## ИЗГОТОВИТЕЛЬ

ООО "K2S", 214025, г. Смоленск, ул. Багратиона, д.55-а, к.42  
тел. (4812) 66-48-58, E-mail: info@k2s.ru

## ЗАЯВИТЕЛЬ

ФГУ "УРАЛТЕСТ", 620041, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 2а  
телефон (343) 350-25-83, факс (343) 350-40-81  
E-mail: uraltest@uraltest.ru

Генеральный директор ФГУ "УРАЛТЕСТ"



Сурсяков В.Н.