

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### ЭПР-спектрометры ELEXSYS

#### Назначение средства измерений

ЭПР-спектрометры ELEXSYS (далее – спектрометры) предназначены для измерения спектров электронных переходов в веществах и материалах в твердой и жидкой фазе, сырье и продукции химического производства, фармацевтики, металлургии, полупроводниковой промышленности, биологических системах и т.д.

#### Описание средства измерений

Спектрометры представляют собой стационарные автоматизированные приборы.

Принцип действия спектрометров основан на явлении электронного парамагнитного резонанса – резонансного поглощения энергии электромагнитных волн веществом в сильном магнитном поле вследствие электронного парамагнетизма. Исследуемый образец помещается в микроволновый резонатор, находящийся в искусственно создаваемом магнитном поле. Микроволновый генератор (мост) содержит диод Ганна в качестве источника микроволнового излучения, а также датчик, измеряющий степень поглощения излучения в образце в зависимости от изменяемой индукции магнитного поля. Полученная зависимость является ЭПР-спектром исследуемого образца.

Спектрометры оснащаются магнитами различных конфигураций, в зависимости от требуемого размера воздушного зазора и максимально достижимого значения индукции магнитного поля (потребляемой мощности).

Микроволновый мост выполняется в двух конфигурациях: для измерений в непрерывном и импульсном режимах, а также может дополняться приставками, расширяющими диапазон частот микроволнового излучения.

Температурные приставки в комплекте с оборудованием для термостатирования позволяют проводить измерения при температуре исследуемого образца выше и ниже комнатной.

#### Модельный ряд спектрометров:

- E 500 – представляет собой спектрометр для непрерывного режима измерений, комплектуемый несверхпроводящим электромагнитом, обеспечивающим в зазоре максимальное магнитное поле от 0,64 до 1,95 Тл в зависимости от конфигурации. Стандартный микроволновый мост X-диапазона (9,1 ... 9,9 ГГц) может дополняться приставками для диапазонов L (0,7 ... 1,5 ГГц), S (2,6 ... 3,4 ГГц), K (23,6 ... 24,4 ГГц) и Q (33,6 ... 34,4 ГГц).

- E 540 – представляет собой спектрометр для ЭПР-томографии (визуализации ЭПР в 3-х измерениях), комплектуемый несверхпроводящим электромагнитом и микроволновым мостом для работы в диапазонах L, S и X.

- E 560 – в дополнение к функциональности E 500 позволяет измерять спектры двойного электронно-ядерного резонанса.

- E 580 – в дополнение к функциональности E 560 позволяет проводить измерения в импульсном режиме с Фурье-обработкой спектра поглощения.

- E 600 – спектрометр для непрерывного режима измерений комплектуется сверхпроводящим магнитом (магнитное поле до 6 Тл) и микроволновой приставкой для W-диапазона (93,6 ... 94,4 ГГц).

- E 660 – в дополнение к функциональности E 600 позволяет измерять спектры двойного электронно-ядерного резонанса.

- E 680 – в дополнение к функциональности E 660 позволяет проводить измерения в импульсном режиме с Фурье-обработкой спектра поглощения.

- E 780 – спектрометр для непрерывного и импульсного (с Фурье-обработкой спектра поглощения) режимов измерений комплектуется сверхпроводящим магнитом (магнитное поле до 12 Тл) и микроволновой приставкой для J-диапазона (262,6 ... 263,4 ГГц).

Спектрометры выполнены в виде напольных приборов, состоящих из магнита, микроволнового моста, блока питания, блока охлаждения, блока обработки информации (консоли).

Управление процессом измерений осуществляется посредством внутреннего контроллера в консоли и РС-совместимого компьютера, оснащенного специальным программным обеспечением.

Программное обеспечение реализуется в операционной среде Linux. Оно позволяет осуществлять настройку прибора и контроль его состояния, задавать параметры измерения, обрабатывать полученную спектральную информацию, представлять ее в виде спектров, графиков, тестовых файлов и т.д., а также сохранять и печатать результаты.

### Программное обеспечение

Спектрометры оснащены единым программным обеспечением Xerq, которое управляет работой прибора и отображает, обрабатывает и хранит полученные данные.

Таблица -1. Идентификационные данные программного обеспечения.

Идентификационные данные (признаки)	Значения
Идентификационное наименование ПО	Xerq
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.6b.84 и выше
Цифровой идентификатор ПО	3daa249c5b6b9a3b2c12ad2550897e62 для файла Xerq
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	MD5

Защита ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню "средний" по Р 50.2.077-2014.

Влияние ПО на метрологические характеристики учтено при нормировании последних.

Внешний вид спектрометров приведен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид ЭПР-спектрометров ELEXSYS.



Рис. 2. Место опломбирования ЭПР-спектрометров ELEXSYS.

**Метрологические и технические характеристики**

Модель	Е 500	Е 540	Е 560	Е 580	Е 600	Е 660	Е 680	Е 780
Максимальная индукция магнитного поля, Тл	0,64 ... 1,75	0,64 ... 1,75	0,64 ... 1,75	0,64 ... 1,75	6,0	6,0	6,0	12,0
Воздушный зазор между обкладками несверхпроводящего магнита, мм	56 ... 100	56 ... 100	56 ... 100	56 ... 100	-	-	56 ... 100	56 ... 100
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений индукции магнитного поля, %	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
Максимальное отношение сигнал/шум при измерении 0.0003% парамагнитных частиц в КС1 в непрерывном режиме	3000:1	3000:1	3000:1	3000:1	-	-	3000:1	3000:1
Диапазоны рабочих частот микроволнового моста с дополнительными приставками (L = 0,8 - 1,3; S = 3,4 - 3,8; X = 9,1 - 9,9; K = 23,6 - 24,4; Q = 33,6 - 34,4; W = 93,6 - 94,4; J = 262,6 - 263,4 ГГц):	L, S, X, K, Q	L, S, X	X, Q	L, S, X, K, Q	W	W	L, S, X, K, Q, W	L, S, X, K, Q, W, J
Импульсный режим с Фурье-обработкой спектра	-	-	-	+	-	-	+	+
Стационарный режим двойного электронно-ядерного резонанса	-	-	+	+	-	+	+	+

Модель	Е 500	Е 540	Е 560	Е 580	Е 600	Е 660	Е 680	Е 780
Импульсный режим двойного электронно-ядерного резонанса	-	-	-	+	-	-	+	+
Импульсный режим двойного электрон-электронного резонанса	-	-	-	+	-	-	+	+
Визуализация ЭПР (томография)	-	+	-	-	-	-	-	-
Быстрое сканирование	+	+	+	+	-	-	-	-
Диапазоны изменения температуры образцов, К - приставка ER 4112HV - приставка ER 4131VT	3,8 ... 300 100 ... 600	3,8 ... 300 100 ... 600	3,8 ... 300 100 ... 600	3,8 ... 300 100 ... 600	3,8 ... 300 100 ... 600	3,8 ... 300 100 ... 600	3,8 ... 300 100 ... 600	3,8 ... 300 100 ... 600
Точность поддержания температуры образца, К	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
Требования к системе энергоснабжения: - количество фаз - линейное напряжение, В - частота, Гц - ток, А	3 380 <sup>+10%</sup> / <sub>-15%</sub> 50±1 40 ... 80	3 380 <sup>+10%</sup> / <sub>-15%</sub> 50±1 30	3 380 <sup>+10%</sup> / <sub>-15%</sub> 50±1 40 ... 80	3 380 <sup>+10%</sup> / <sub>-15%</sub> 50±1 40 ... 80	3 380 <sup>+10%</sup> / <sub>-15%</sub> 50±1 20	3 380 <sup>+10%</sup> / <sub>-15%</sub> 50±1 20	3 380 <sup>+10%</sup> / <sub>-15%</sub> 55±1 60 ... 100	3 380 <sup>+10%</sup> / <sub>-15%</sub> 50±1 60 ... 100
Максимальная потребляемая мощность, кВА	8,2 ... 35,1	8,1	8,2 ... 35,1	8,2 ... 36,5	4,4	4,8	12,5 ... 38,8	12,5 ... 38,8



### **Знак утверждения типа**

Знак утверждения типа наносится на титульный лист руководства по эксплуатации и на переднюю часть корпуса приборов.

### **Комплектность средства измерений**

Комплект поставки определяется заказом и отражается в спецификации.

Основной комплект включает в себя:

Наименование	Примечание
ЭПР-спектрометр	
Магниты	В том числе по заказу
Компьютер	
Принтер	
Программное обеспечение	
Комплект инструментов	
Руководство по эксплуатации на русском языке	
Методика поверки	
Комплект запасных частей и расходных материалов	По заказу
Оборудование для термостатирования образца	По заказу
Приставки для расширения диапазона частот микроволнового моста	По заказу
Оборудование для высокоточного измерения индукции магнитного поля	По заказу

### **Поверка**

Поверка проводится в соответствии с документом МП 27692-09 «ЭПР-спектрометры ELEXSYS. Методика поверки», утвержденным ГЦИ СИ ОАО ФНТЦ «Инверсия» в декабре 2009 г.

Основные средства поверки:

- кристаллический 1,3 бис-дифенилен-2-фенил аллил (BDPA);
- весы лабораторные по ГОСТ 24101-2001;
- набор пипеток по ГОСТ 20292-74;
- колбы по ГОСТ 1770-74.

### **Сведения о методиках (методах) измерений**

Сведения о методиках (методах) измерений изложены в документе «ЭПР – спектрометр ELEXSYS. Руководство по эксплуатации»

**Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к ЭПР-спектрометрам ELEXSYS**

ГОСТ Р 52931-2008 «Приборы контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия».

Техническая документация компании «Bruker BioSpin GmbH», Германия.

**Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений**

- при выполнении работ по оценке соответствия продукции и иных объектов обязательным требованиям в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

**Изготовитель**

Компания "Bruker BioSpin GmbH", Германия  
Адрес: Silberstreifen 4, D-76287, Rheinstetten  
Тел.: +49 (721) 5161-0, факс: +49 (720) 5171-01

**Заявитель**

Общество с ограниченной ответственностью «Брукер» (ООО «Брукер»)  
Адрес: 119017, Москва, ул. Пятницкая, д. 50/2, стр.1  
Тел.: +7 (495) 517-92-84, факс: +7 (495) 517-92-86

**Испытательный центр**

ОАО ФНТЦ "Инверсия"  
107031, г. Москва, ул. Рождественка, 27,

Заместитель  
Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

С.С. Голубев

М.п. «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.