

Государственный первичный эталон единиц мощности магнитных потерь

Т. И. МАСЛОВА, В. П. МАЛЮК, Ю. И. ДИДИК, М. А. МАЛЫГИН

Уральский научно-исследовательский институт метрологии, Екатеринбург, Россия,
e-mail: lab261@uniim.ru

Описаны состав, принцип действия, метрологические характеристики государственного первичного эталона единиц мощности магнитных потерь, разработанного в Уральском научно-исследовательском институте метрологии в 2009—2011 гг. Приведена информация о проведении дополнительных сличений установок, входящих в состав эталона.

Ключевые слова: эталон, магнитомягкие материалы, мощность магнитных потерь, дополнительные сличения.

The composition, operating principle, and metrological characteristics of the state primary standard of magnetic losses power developed in 2009—2011 are described. The information about carrying out of additional comparisons of installations being part of the standard is presented.

Key words: standard, soft magnetic materials, magnetic losses power, additional comparisons.

К промышленным магнитомягким материалам (далее МММ) относится, прежде всего, электротехническая сталь. Объем производства и потребления электротехнической стали практически пропорционален количеству вырабатываемой в стране электрической энергии, а этот показатель характеризует уровень промышленного развития той или иной страны [1].

Одна из важнейших характеристик МММ — магнитные потери, т. е. мощность магнитных потерь и удельная мощность магнитных потерь. Эта характеристика решающим образом влияет на коэффициент полезного действия электрооборудования.

В нормативной документации, регламентирующей технические требования и методы определения магнитных свойств МММ [2—6], применяются термины «магнитные потери» и «удельные магнитные потери», которые в [7] определены как одна и та же физическая величина. Поэтому в проекте стандарта на государственную поверочную схему для средств измерений (СИ) мощности магнитных потерь были введены и определены следующие единицы измерения:

мощность магнитных потерь (магнитные потери) — мощность, рассеиваемая в виде теплоты в образце магнитомягкого материала при воздействии на образец периодически меняющегося во времени магнитного поля, Вт;

удельная мощность магнитных потерь (удельные магнитные потери) — мощность, рассеиваемая в виде теплоты в единице массы магнитомягкого материала при воздействии на материал периодически меняющегося во времени магнитного поля, Вт/кг.

В 1993 г. в Свердловском филиале ВНИИМ (в настоящее время — ФГУП «УНИИМ») была создана установка высшей точности для воспроизведения единиц мощности магнитных потерь УВТ 82-А—93, возглавляющая государственную поверочную схему [8, 9], которая до марта 2012 г. определяла порядок передачи единиц мощности магнитных потерь от УВТ рабочим СИ. В качестве средств передачи единицы использовали стандартные образцы (СО) утвержденных типов. Было разработано семь типов государственных СО (далее ГСО) удельных магнитных потерь.

В настоящее время разработан и утвержден приказом Росстандарта № 287 от 3 мая 2012 г. государственный первичный эталон единиц мощности магнитных потерь ГЭТ 198—2011, обеспечивающий воспроизведение и передачу единиц мощности и удельной мощности магнитных потерь.

Принцип действия установок, входящих в состав эталона, основан на индукционном методе измерений, базирующемся на использовании закона электромагнитной индукции Фарадея, который устанавливает связь между электродвижущей силой, наведенной в измерительной обмотке образца, и скоростью изменения магнитного потока. Такой метод измерения основан на аналого-цифровом преобразовании мгновенных значений сигналов, пропорциональных напряженности магнитного поля на поверхности образца и производной по времени средней по сечению образца магнитной индукции, в цифровые коды с последующим вычислением магнитных характеристик образца [10].

Эталон позволяет воспроизводить мощность магнитных потерь и удельную мощность магнитных потерь в образцах МММ в виде листов, полос для аппарата Эпштейна и колец при синусоидальном изменении индукции в диапазонах частот перемagnetничивания 50 Гц — 200 кГц, амплитуд магнитной индукции 0,1—1,8 Тл; массы образца 0,1—1,2 кг.

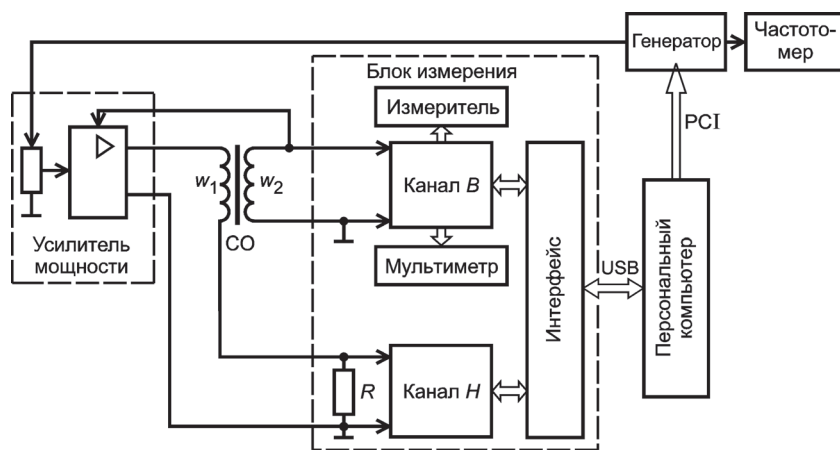
Государственный первичный эталон включает:

установку ЦИКЛ, предназначенную для хранения и воспроизведения единиц мощности магнитных потерь в листовых образцах МММ для аппарата Эпштейна толщиной 0,10—0,65 мм и кольцевых образцов, изготовленных согласно требованиям стандартов [2—5, 7, 11] в диапазоне частот 50 Гц — 200 кГц;

установку ЦИКЛ-2, предназначенную для хранения и воспроизведения единиц мощности магнитных потерь в листовых образцах длиной 500—1000 мм, шириной 250—500 мм, толщиной 0,20—0,65 мм и кольцевых образцах, изготовленных по [2, 7], в диапазоне частот 50—1000 Гц;

весы электронные с диапазоном измерений 0—1,5 кг и расширенной неопределенностью 0,01 г;

ленту измерительную с диапазоном измерений 0—2 м и расширенной неопределенностью 0,16 мм;



Структурная схема эталона:

СО — стандартный образец; Измеритель нелинейных искажений типа С6-11;
Мультиметр типа В7-84; Частотомер типа ЧЗ-47А

калибратор универсальный Н4-7 с диапазоном измерений переменного синусоидального напряжения 0,1—700 В и расширенной неопределенностью 0,01 %;

стандартные образцы удельных магнитных потерь: ГСО 3134—85 (СО ДМС-Э1) №№ 17, 18; ГСО 859—76 (СОТЭС-1) № 1; ГСО 2002—80 (ИНЭС-1) № 04.

Структурная схема эталона приведена на рисунке. Намагничивающая обмотка w_1 стандартного образца через резистор R из блока измерения подключается к выходу усилителя мощности (УМ). Напряжения со вторичной обмотки образца w_2 и потенциальных клемм резистора R (или катушки поля) поступают на входы каналов индукции B и напряженности H блока измерения. Форма напряжения на выходе зависит от формы напряжения, поступающего с выхода программируемого цифрового генератора на вход УМ, и нелинейной индуктивности первичной обмотки СО.

Весь процесс измерения, управляемый измерительной программой в компьютере, разделен на два этапа. На первом этапе устанавливают амплитуду магнитной индукции B в образце. Напряжение, соответствующее заданной амплитуде B , рассчитывается по программе с учетом данных образца и режимов измерений и выводится на экран монитора. Затем в образце задается синусоидальный режим изменения B во времени при помощи генератора низкой частоты и УМ с отрицательной обратной связью по напряжению. Далее напряжения со вторичной обмотки образца и резистора R (или катушки поля) преобразуются в цифровую форму и записываются в виде двух массивов мгновенных значений напряжений (массивы B и H) в оперативные запоминающие устройства блока измерения установки. На втором этапе массивы данных через порт USB вводятся в память персонального компьютера, где обрабатываются по измерительной программе массивов данных. Вычисленные магнитные и электрические характеристики выводятся на экран монитора.

Особенность установки ЦИКЛ-2 состоит в возможности измерения характеристик магнитного поля листовых образцов двумя методами: с использованием образцового резистора R и катушек поля, размещенных внутри листового аппарата. При этом применение катушек поля при измерении H и мощности магнитных потерь позволяет исключить

влияние формы замыкающего магнитный поток ярма, используемого в указанном аппарате.

Эталон имеет следующие метрологические характеристики:

диапазон воспроизведения мощности магнитных потерь 0,1—20 Вт;

диапазон воспроизведения удельной мощности магнитных потерь 0,1—200,0 Вт/кг;

стандартные неопределенности воспроизведения мощности и удельной мощности магнитных потерь, оцениваемые по типу А при десяти независимых измерениях и по типу В соответственно 0,05—0,1 и 0,06—0,35 % в зависимости от частоты; расширенную неопределенность (при коэффициенте охвата $k = 2$) в диапазоне 0,2—0,8 %.

Передача единиц мощности и удельной мощности магнитных потерь от государственного первичного эталона осуществляется методом прямых измерений эталонов 1-го разряда, представляющих собой СО. Аттестованным значением послед-

них является мощность магнитных потерь (для образцов кольцевой формы) или удельная мощность магнитных потерь при заданных значениях амплитуды магнитной индукции и частоты перемагничивания.

Для оценки измерительных возможностей эталона в 2010 — 2012 гг. были успешно проведены дополнительные сличения установок, входящих в состав эталона с эталонными установками Физико-технического института (РТВ) Германии и Чешского метрологического института (СМИ) Республики Чехия. В качестве транспортируемых эталонов сравнения использовали СО удельных магнитных потерь, изготовленные из изотропной и анизотропной электротехнической стали в форме полос для аппарата Эпштейна, листов размерами 500×500 мм и колец.

Каждый из участников сличений использовал для измерения характеристик образцов эталонные СИ мощности магнитных потерь и удельной мощности магнитных потерь в образцах электротехнической стали. Измерения проводились при частотах перемагничивания 50 и 60 Гц в диапазоне амплитуд магнитной индукции 0,1—1,7 Тл для образцов анизотропной и 0,1—1,5 Тл для образцов изотропной электротехнической стали. Результаты сличений показали эквивалентность эталонов стран-участников сличений.

Таким образом, разработан, утвержден и введен в действие государственный первичный эталон единиц мощности магнитных потерь ГЭТ 198—2011, характеристики которого соответствуют мировому уровню.

Л и т е р а т у р а

1. Корзунин Г. С. Современное состояние контроля некоторых магнитных характеристик анизотропной электротехнической стали (обзор) // Дефектоскопия. 2001. № 10. С. 23—57.
2. ГОСТ 12119.4—98. Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Метод измерения удельных магнитных потерь и действующего значения напряженности магнитного поля.
3. ГОСТ 21427.1—83. Сталь электротехническая холоднокатаная анизотропная тонколистовая. Технические условия.

4. ГОСТ 21427.2—83. Сталь электротехническая холоднокатаная изотропная тонколистовая. Технические условия.
5. ГОСТ 21427.4—83. Лента стальная электротехническая холоднокатаная анизотропная. Технические условия.
6. ГОСТ Р 53934—2010. Прокат тонколистовой холоднокатаный из электротехнической анизотропной стали. Технические условия.
7. ГОСТ 10160—75. Сплавы прецизионные магнитомягкие. Технические условия.
8. МИ 2378—96. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений магнитных потерь в магнитомягких материалах в диапазоне частот от 50 Гц до 200 кГц.

9. Дидик Ю. И., Корзунин Г. С., Малюк В. П. Метрологическое обеспечение измерений магнитных потерь в магнитомягких материалах при синусоидальном режиме перемагничивания // Дефектоскопия. 2003. № 5. С. 68—76.

10. Малюк В. П., Люхина И. В., Корзунин Г. С. Влияние несинусоидальности режима перемагничивания на удельные магнитные потери в электротехнической стали // Дефектоскопия. 2012. № 9. С. 24—30.

11. ГОСТ 12635—67. Материалы магнитомягкие высокочастотные. Методы испытаний в диапазоне частот от 10 кГц до 1 МГц.

Дата принятия 17.06.2013 г.

389:539.1.074

Государственный первичный специальный эталон единицы массы радия

Н. Н. МОИСЕЕВ

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева,
С.-Петербург, Россия, e-mail: N.N.Moiseev@vniim.ru

Рассмотрено современное состояние государственного первичного специального эталона единицы массы радия ГЭТ 7—2011, модернизация которого проводилась в период 2009—2011 гг. Описаны состав эталона, основные физические принципы его работы, метрологические характеристики.

Ключевые слова: масса радия, эталон, образец Хенигшмидта, активность.

The current status of the State primary special standard of radium mass unit GET 7—2011 modernized during 2009—2011 is considered. The structure of the standard, the basic physical operation principles and the metrological characteristics are described.

Key words: radium mass, standard, Honigshmidt sample, activity.

Радий-226 является единственным в мире радионуклидом, в отношении которого создана специальная международная система эталонов. В отличие от других радионуклидов в качестве количественной характеристики ^{226}Ra используется не активность, а масса элемента. Такая методика сохраняется уже второе столетие из-за необычайной сложности измерения активности ^{226}Ra доступными на сегодняшний день абсолютными методами.

В настоящее время обеспечивается передача единицы от эталона вторичным и рабочим эталонам, которые применяются в геологии при поиске месторождений урана, при аттестации генераторов радона и др. Радиевые эталоны широко используются для метрологического обеспечения мониторинга радиоэкологической безопасности: контроля за радиационной обстановкой путем измерения объемной активности ^{222}Rn в жилых и других закрытых помещениях; контроля за радиоактивной загрязненностью питьевой воды ^{226}Ra , ^{222}Rn ; измерения объемной активности ^{226}Ra , ^{222}Rn в строительных материалах и др.

Первый эталон — препарат, содержащий известную массу элемента радия, — был создан М. Склодовской-Кюри в 1911 г. Одновременно с ней подобную работу выполнил О. Хенигшмидт в Венском институте радия. Сессия Международного комитета по электричеству и радиологии в 1912 г. утвердила препарат, изготовленный М. Склодовской-Кюри, в качестве первичного международного эталона, а препарат,

изготовленный О. Хенигшмидтом, в качестве основной копии международного эталона. Первичный эталон решено было хранить в Институте радия в Париже, а копию — в Радиевом институте в Вене [1]. В соответствии с принятыми сессией решениями отныне масса радия во всех других радиевых источниках должна определяться сравнением их по ионизационному действию γ -излучения с эталонными источниками (методом «гамма-взвешивания») и выражаться в миллиграммах-эквивалентах радия.

Была образована Международная комиссия по радиевым эталонам под председательством Э. Резерфорда. Она распределяла между различными странами радиевые источники, которые изготавливали по ее заказу, сравнивали с парижским и венским международными эталонами и аттестовывали таким образом в ранге вторичных международных эталонов, и выдавала сертификаты на эти эталоны. По ним калибровали все радиевые препараты, применявшиеся в каждой отдельной стране. Так было обеспечено единство измерений массы радия в радиевых препаратах во всем мире.

В России работы по изучению свойств радия и других радиоактивных препаратов были начаты в 1903 г. в Главной палате мер и весов под руководством Д. И. Менделеева и продолжены В. А. Бородовским, Л. С. Коловрат-Червинским, Л. Н. Богоявленским, который стал руководителем радиологической лаборатории в апреле 1921 г. Получение между-