

УДК 006.91

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ Вольнец О.А.¹, Вольнец А.С.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь²Белорусский государственный институт метрологии, Минск, Республика Беларусь

Внесение в законодательные и нормативные документы требований по электромагнитной совместимости и безопасности, защите информации, охране здоровья, и соответствующая необходимость выполнения измерений уровней напряженности ЭМП привела к оснащению испытательных и калибровочных лабораторий республики разнообразными средствами измерения напряженности ЭМП в широком динамическом и частотном диапазоне. Современное состояние измерений напряженности электрического поля характеризуется следующими моментами:

1. В Российской Федерации созданы и эксплуатируются Государственный первичный эталон единицы напряженности электрического поля в диапазоне частот от 0,0003 до 1000 МГц ГЭТ 45-2011 и Государственный первичный специальный эталон единицы напряженности электрического поля в диапазоне частот от 0 до 20 кГц ГЭТ 158-96. Кроме того, созданы эталоны первого разряда, обеспечившие расширение диапазона воспроизводимой напряженности электростатического (РЭНЭП-00) и электрического поля промышленной частоты (РЭНЭП-50) до 180 кВ/м [1].

2. Существуют следующие поверочные схемы, возглавляемые государственными национальными эталонами Российской Федерации:

– Государственная поверочная схема для средств измерений напряженности электрического поля в диапазоне частот от 0 до 20 кГц [2];

– Государственная поверочная схема для средств измерений напряженности электрического поля в диапазоне частот от 0,0003 до 1000 МГц [3].

3 В Республике Беларусь эксплуатируется большой парк средств измерений напряженности электрического поля, работающих в диапазоне частот ниже 150 кГц (измерительные антенны, измерители напряженности электрического поля ВЕ-метр и др.), но их метрологический контроль стал возможен только после создания эталона.

Национальный эталон единицы напряженности электрического поля (далее – НЭП) разработан и создан производственно-исследовательским отделом радиоэлектронных измерений Республиканского унитарного предприятия «Белорусский государственный институт метрологии» (Республика Беларусь) совместно с Закрытым акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Циклон-Прибор» (Российская Федерация).

Эталон построен по блочному принципу. В состав эталона входят следующие блоки:

- блок генерации;
- излучающее устройство;
- блок измерительный;
- компаратор электрического поля;
- персональный компьютер с управляющим программным обеспечением.

Фотография внешнего вида эталона представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Фотография внешнего вида эталона

В основу работы эталона положен метод эталонного поля. Суть метода заключается в создании однородного электрического поля в пространстве между двумя параллельными пластинами плоского несимметричного конденсатора, одна из пластин которого заземлена. Особенностью плоского конденсатора является высокая однородность электрического поля в пространстве между пластинами, что позволяет использовать его в качестве меры напряженности электрического поля.

Основные метрологические характеристики эталона приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Рабочий диапазон частот, кГц	от 0,005 до 400
Диапазон воспроизводимых значений НЭП, В/м на частотах (0,005...20) кГц (20...100) кГц (100...400) кГц	от 0,5 до 2000; от 0,5 до 400; от 0,5 до 40
Неисключенная систематическая погрешность воспроизведения и передачи единицы НЭП	от 3,6 % до 4,4 % (P=0,99)
Доверительные границы суммарной погрешности воспроизведения и передачи единицы НЭП	от 3,6 % до 4,4 % (P=0,99)
Среднеквадратическое отклонение результатов измерений при воспроизведении и передаче единицы НЭП	от 0,2 % до 0,4 % (n=5)

Доверительные границы суммарной погрешности воспроизведения и передачи единицы НЭП эталоном в зависимости от диапазона частот воспроизводимого электрического поля составляют от 3,9 % до 4,7 % при доверительной вероятности $P = 0,99$.

Оценивание неопределенности измерений при воспроизведении и передаче единицы напряженности электрического поля

Функция измерений:

$$E = E_y \cdot \left(1 + \frac{\delta_1}{100} + \frac{\delta_2}{100} + \frac{\delta_3}{100} + \frac{\delta_4}{100} + \frac{\delta_5}{100} \right)$$

где E – воспроизводимая эталоном напряженность электрического поля, В/м;

E_y – показания измерительного блока эталона, В/м;

δ_1 – поправка, обусловленная неравномерностью частотной характеристики эталона, %;

δ_2 – поправка, обусловленная неравномерностью амплитудной характеристики эталона, %;

δ_3 – поправка, обусловленная взаимодействием компаратора электрического поля с пластинами конденсатора излучающего блока эталона, %;

δ_4 – поправка, обусловленная неточностью установки компаратора электрического поля (далее – КЭП) в центр рабочей зоны излучающего блока эталона, %;

δ_5 – поправка, обусловленная неточностью измерений градуировочного коэффициента КЭП на государственных эталонах РФ, %.

Стандартная неопределенность по типу А и (E_y) воспроизведения и передачи единицы НЭП по результатам проведенных исследований метрологических характеристик эталона определяется по формуле:

$$u(E_y) = \sqrt{S(\tilde{A}_1)^2 + S(\tilde{A}_2)^2 + S(\tilde{A}_3)^2 + S(\tilde{A}_4)^2},$$

где $S(\tilde{A}_1)$ – оценка среднего квадратического отклонения результатов измерений напряженности электрического поля КЭП в положении 0° при определении неравномерности частотной характеристики исследуемого эталона, %;

$S(\tilde{A}_2)$ – оценка среднего квадратического отклонения результатов измерений напряженности электрического поля КЭП в положении 180° при определении неравномерности частотной характеристики исследуемого эталона, %;

$S(\tilde{A}_3)$ – оценка среднего квадратического отклонения результатов измерений напряженности электрического поля КЭП в положении 0° при определении неравномерности амплитудной характеристики исследуемого эталона, %;

$S(\tilde{A}_4)$ – оценка среднего квадратического отклонения результатов измерений напряженности электрического поля КЭП в положении 180° при определении неравномерности амплитудной характеристики исследуемого эталона, %;

В зависимости от диапазона частот и амплитуды воспроизводимой единицы НЭП значение стандартной неопределенности по типу А составило от 0,11 % до 0,34 %.

Расширенная неопределенность измерений при воспроизведении и передаче единицы НЭП эталоном в зависимости от диапазона частот воспроизводимого электрического поля составляет от 2,8 % до 2,9 % при доверительной вероятности $P = 0,95$, $k = 2$.

Созданный эталон полностью обеспечивает метрологический контроль имеющихся в РБ средств измерений напряженности электрического поля. Основными потребителями услуг по метрологическому контролю средств измерений параметров ЭМП являются предприятия Министерства здравоохранения, Министерства связи и информатизации, Министерства промышленности, Министерства обороны РБ, Министерства внутренних дел, Комитет государственной безопасности. Дальнейшие ежегодные исследования характеристик эталона связаны с определением долговременной нестабильности коэффициента передачи излучающего устройства эталона и отождествления показаний КЭП с показаниями измерительного блока эталона и калибратора-вольтметра Н4-12 и применением риска-ориентированного подхода при метрологическом контроле характеристик эталона.

Литература

1. Создание и совершенствование эталонной базы в области радиочастотных электромагнитных измерений. В.А. Тищенко, М.В. Балаханов, В.И. Лукьянов. – Менделеево: «ВНИИФТРИ», 2013. – 198 с.
2. ГОСТ Р 8.564-96 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений напряженности электрического поля в диапазоне частот 0-20 кГц».
3. ГОСТ 8.560-94 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений напряженности электрического поля в диапазоне частот 0,0003-1000 МГц».
4. Паспорт Национального эталона единицы напряженности электрического поля.
5. Правила хранения и применения Национального эталона единицы напряженности электрического поля.