

ИСХОДНЫЙ ЭТАЛОН УКРАИНЫ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ - ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ ЭТАЛОНА, ТРЕБОВАНИЯ К НЕМУ И ЕГО КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

Кравченко В.И., д.т.н., проф., Немченко Ю.С.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический университет"

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт "Молния"

Украина, 61013, Харьков, ул. Шевченко, 47, НИПКИ "Молния"

тел./факс: (057) 70-76-133, E-mail: nirkimolnija@kpi.kharkov.ua

Розглянуто питання щодо мети та результатів створення Вихідного Еталона України одиниць напруженостей імпульсних електричних та магнітних полів, призначених для метрологічного забезпечення безперебійної роботи експериментальної бази НДПКІ "Молнія" НТУ "ХПІ" - об'єкта Національного надбання України.

Рассмотрены вопросы, касающиеся цели и результатов создания Исходного Эталона Украины единиц напряженностей импульсных электрических и магнитных полей, предназначенных для метрологического обеспечения бесперебойной работы экспериментальной базы НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" - объекта Национального достояния Украины.

ВВЕДЕНИЕ

Метрологическое обеспечение научных исследований, производства и испытаний было и остается гарантией получения достоверной информации о результатах проведенных работ. Обеспечивается эта гарантия парком образцовых средств и мер, имеющих в государстве. Поэтому важнейшим приоритетом национальной политики развитых государств в этом направлении является постоянное расширение парка государственных и ведомственных Эталонов, по количеству которых судят об экономической независимости государства.

Исходя из этого, создание в НИПКИ "Молния" Эталона является с одной стороны значительным вкладом в экономическую независимость Украины, а с другой – утилитарной – обеспечивает бесперебойную эксплуатацию экспериментальной базы НИПКИ "Молния" (ЭБ) – объекта Национального достояния Украины. ЭБ имеет в своем составе значительное количество нестандартных испытательных установок собственного производства. Эти установки предназначены для испытания технических средств на стойкость к поражающему и дестабилизирующему влиянию мощных электромагнитных помех естественного и искусственного происхождения. Выходные параметры этих установок контролируются измерительным комплексом, имеющим в своем составе более 50 единиц нестандартизованных средств измерения (НСИ) разработки НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ".

В соответствии с действующими нормами метрологические характеристики НСИ должны регулярно подтверждаться по поверочной схеме, установленной межгосударственным стандартом ГОСТ 8.540-93 ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ НАПРЯЖЕННОСТЕЙ ИМПУЛЬСНОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ. Однако в Украине эта поверочная схема не действует, так как Украина до сегодняшнего дня не имела поверочных установок требуемого типа, и поэтому поверку НСИ ЭБ приходилось проводить только в Российской Федерации

(г. Москва) на единственном в СНГ Государственном Эталоне РФ импульсного электромагнитного поля, находящегося во Всероссийском научно-исследовательском институте оптико-физических измерений (ВНИИ ОФИ) Госстандарта РФ.

В последнее время в связи со значительным ростом интенсивности востребованности ЭБ, более широко стали использоваться не только штатные НСИ, но и вновь разрабатываемые НСИ. Поэтому действующая ранее система их аттестации и поверки перестала устраивать институт. Наиболее рациональным выходом из этой ситуации стало создание в Украине источника образцовых импульсных электромагнитных полей (ИЭМП).

За период с 2002 г. и по настоящее время в НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" в соответствии с программой работ по объекту Национального достояния был создан и аттестован собственный источник образцового ИЭМП, получивший название Исходный Эталон Украины единиц максимальных значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей (Эталон ИЭМПУ).

Данный Эталон позволяет:

1) Обеспечить экономическую самостоятельность Украины в области метрологического обеспечения работ по ИЭМП.

2) Обеспечить единство и требуемую точность измерений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей в Украине и странах СНГ.

3) Обеспечить оперативное сопровождение работ на ЭБ.

4) Создать локальную поверочную схему для средств измерения максимальных значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей.

5) Обеспечить передачу единиц напряженностей импульсных электрического и магнитного полей методом прямых измерений рабочим средствам измерения импульсных электрических и магнитных полей нано- и микросекундного диапазонов в процессе их поверки.

1 ТРЕБОВАНИЯ К МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ И КОНСТРУКТИВНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЭТАЛОНА ИЭМПУ

1.1 Требования к метрологическим характеристикам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Размерность	Вид поля	
		электрическое	магнитное
Наносекундный диапазон			
Диапазон макс. значений	$\frac{V}{m} \left(\frac{A}{m} \right)$	от $4 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^5$	от 5 до 500
Длительность фронта	с	не более $8 \cdot 10^{-9}$	не более $8 \cdot 10^{-9}$
Длительность импульса	с	не менее $1,5 \cdot 10^{-4}$	не менее $1,5 \cdot 10^{-4}$
Субнаносекундный диапазон			
Диапазон макс. значений	$\frac{V}{m} \left(\frac{A}{m} \right)$	от 3 до $1,5 \cdot 10^5$	от $7,5 \cdot 10^{-3}$ до 375
Длительность фронта	с	не более $1 \cdot 10^{-9}$	не более $1 \cdot 10^{-9}$
Длительность импульса	с	не менее $2 \cdot 10^{-7}$	не менее $2 \cdot 10^{-7}$

1.2 Требования к погрешностям Эталона ИЭМПУ:

— среднее квадратическое отклонение результата измерений (S_{Σ}) при его сличении с Государственным Эталоном РФ при 10 независимых наблюдениях $\leq 5\%$;

— нестабильность Эталона ИЭМПУ в течение межповерочного интервала (1 год) ν не должна превышать 1%.

1.3 Конструктивные требования к Эталону ИЭМПУ:

— габариты Эталона ИЭМПУ ($b \cdot h \cdot d$), мм, не более:

а) наносекундной части 1700·10000·2500;

б) субнаносекундной части 1800·10000·1750.

— габариты рабочего объема ТЕМ-ячейки ($b \cdot h \cdot d$), мм, не менее:

а) наносекундной части 600·240·800;

б) субнаносекундной части 1200·450·1500.

— вес Эталона ИЭМПУ, кг, не более:

а) наносекундной части 2000 кг;

б) субнаносекундной части 1000 кг.

— вид исполнения – блочный.

1.4 Конструктивные требования к Эталону ИЭМПУ:

— габариты Эталона ИЭМПУ ($b \cdot h \cdot d$), мм, не более:

а) наносекундной части 1700·10000·2500;

б) субнаносекундной части 1800·10000·1750.

— габариты рабочего объема ТЕМ-ячейки ($b \cdot h \cdot d$), мм, не менее:

а) наносекундной части 600·240·800;

б) субнаносекундной части 1200·450·1500.

— вес Эталона ИЭМПУ, кг, не более:

а) наносекундной части 2000 кг;

б) субнаносекундной части 1000 кг.

— вид исполнения – блочный.

Таким образом, из вышеприведенных данных видно, что Эталон ИЭМПУ может быть реализован как высоковольтная электроразрядная установка с высокой степенью стабильности амплитуды выходного напряжения и предельно короткой длительностью фронта выходного напряжения.

2 ИДЕОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЭТАЛОНА

Наиболее подходящим методом для решения поставленной задачи является создание в полеобразующей системе Эталона плоской электромагнитной волны в воздухе (ТЕМ-волны), у которой вектора электромагнитного поля однозначно направлены вдоль осей декартовой системы координат, а связи между величинами E - и H -полей определяется соотношением

$$\frac{E}{H} = 120\pi.$$

Практическая реализация ТЕМ-волны возможна только в полосковой линии (ПЛ), состоящей из двух параллельных металлических плоскостей, у которых длина значительно превышает поперечные габариты ПЛ. В этом случае в геометрическом центре ПЛ наблюдается ТЕМ-волна, так как краевыми эффектами можно пренебречь.

3 БЛОК-СХЕМА ЭТАЛОНА

Блок-схема эталона приведена на рис. 1, на котором использованы следующие обозначения:

ЭСИ – эталон субнаносекундных импульсов ЭМП;

ЭНИ – эталон наносекундных импульсов ЭМП;

ПКУ – пульт контроля и управления;

ПВУ – повысительно-выпрямительное устройство;

ГСИ – генератор ступенчатых импульсов;

ГЭИ – генератор экспоненциальных импульсов;

КПП – коаксиально-полосковый переход;

ПЛ-24 – полосковая линия с расстоянием между пластинами $h=0,24$ м;

ПЛ-48 – полосковая линия с расстоянием между пластинами $h=0,48$ м;

СН – согласующая нагрузка;

ОИК – образцовый измерительный комплекс;

Р – регистраторы;

ЭИК – экранированная измерительная кабина.

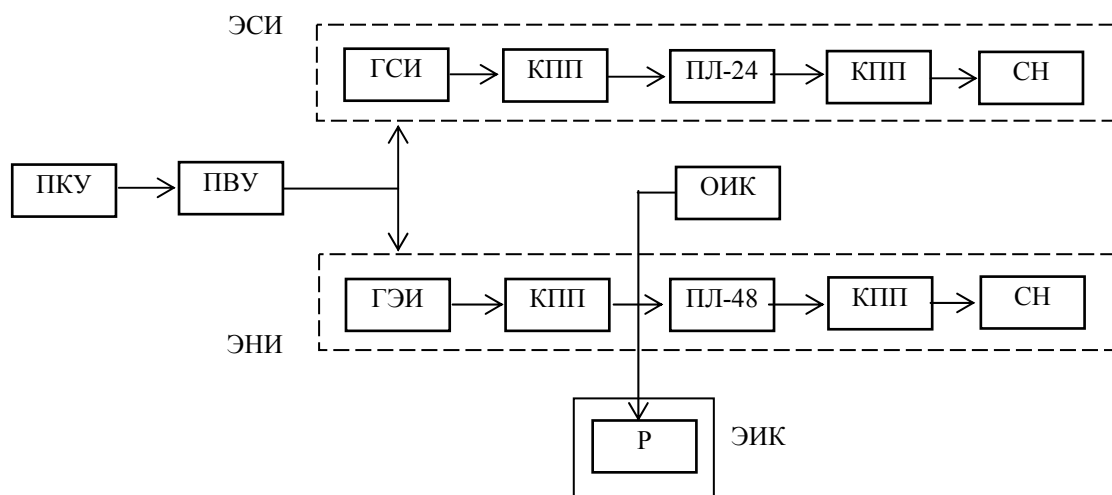


Рис. 1. Блок-схема Эталона ИЭМПУ

4 КОНСТРУКЦИЯ ЭТАЛОНА ИЭМПУ

1) В течение 2004 года Эталон ИЭМПУ был построен. Внешний вид Эталона ИЭМПУ приведен на рис.2.



Рис. 2. Внешний вид Эталона ИЭМПУ

2) Эталон состоит из двух независимых составных частей – ЭСИ и ЭНИ, работающих поочередно. Они предназначены для реализации амплитудно-временных параметров ЭМП по табл. 1.

3) Общими элементами для ЭСИ и ЭНИ являются ПКУ, ПВУ и ОИК с Р.

4) ПКУ (рис.3) устанавливает вид работающего Эталона, режим его работы (одиночный или частотный, ручной или автоматический), амплитуду ЭМП и осуществляет контроль за всеми промежуточными элементами Эталона.



Рис. 3. Общий вид ПКУ

5) ПВУ (рис. 4) создает постоянное напряжение до 50 кВ, необходимое для заряда ГСИ или ГЭИ.



Рис. 4. Общий вид ПВУ

6) ГСИ (рис.5) создает импульсы напряжения прямоугольной формы, соответствующей временным параметрам субнаносекундных импульсов по табл.1.



Рис. 5. Общий вид ГСИ

7) ГЭИ (рис.6) создает импульсы напряжения экспоненциальной формы, соответствующей временным параметрам наносекундных импульсов по табл. 1.



Рис. 6. Общий вид ГЭИ

8) КПП (рис.7) служит для согласования обеих полосковых линий ПЛ-24 и ПЛ-48 как со стороны входа – с ГСИ и ГЭИ, так и со стороны выхода – с СН.

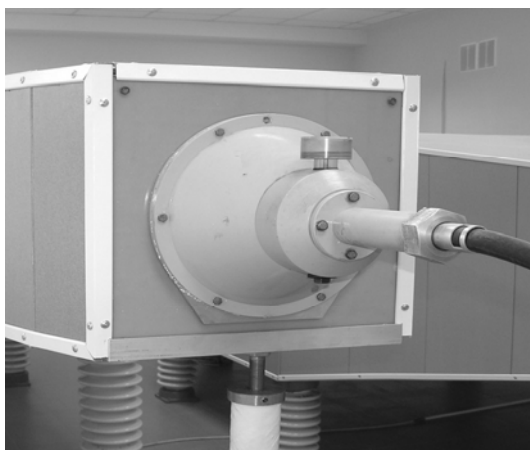


Рис. 7. Общий вид КПП

9) Обе полосковые линии представляют собой симметричные полосковые линии замкнутого типа (рис. 8 и 9) с длиной в несколько раз превышающей поперечные габариты ПЛ.



Рис. 8. Общий вид ПЛ-24

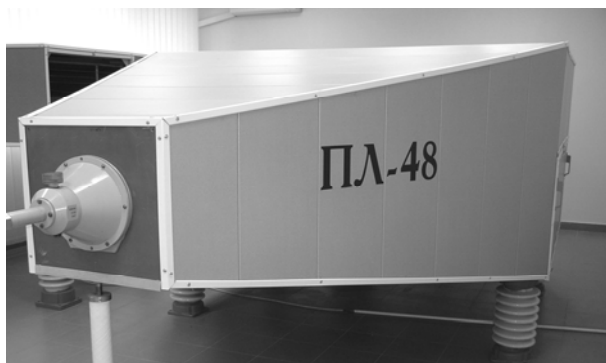


Рис. 9. Общий вид ПЛ-48

10) СН ПЛ-24 и СН ПЛ-48 (рис. 10 и 11) предназначены для согласования волновых сопротивлений ПЛ для устранения отражений от концов линий.



Рис. 10. Общий вид СН ПЛ-24



Рис. 11. Общий вид СН ПЛ-48

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенных работ в НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" был создан впервые в Украине Исходный Эталон импульсного электромагнитного поля для метрологического обеспечения ЭБ и других организаций Украины и СНГ.

2. На Эталоне ИЭМПУ проведены пусконаладочные работы, подтвердившие возможность получения электромагнитных полей требуемых амплитудно-временных параметров по таблице 1.

3. Проведена метрологическая аттестация Эталона ИЭМПУ специалистами ВНИИ ОФИ Госстандарта РФ.

4. В настоящее время проводятся работы по внесению Эталона ИЭМПУ в Реестр Эталонов Украины.

Поступила 19.09.2005