

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ АТТЕСТАЦИИ ГЕНЕРАТОРА МИКРОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ БОЛЬШОЙ ЭНЕРГИИ

Князев В.В., к.т.н., Сафнюк Г.Ю.

НИПКИ "Молния" Национального технического университета

"Харьковский политехнический институт"

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

тел.(057) 70-76-868, факс (057) 70-76-868, E-mail:knyaz2@i.ua

Коротко розглянуто устрій генератора, наведена схема атестації генератора. Представлено модельне рівняння виміру, яке є необхідною умовою складання бюджету невизначеності. Реалізована методика оцінки невизначеності результатів атестації.

Кратко рассмотрено устройство установки, приведена схема аттестации генератора. Представлено модельное уравнение измерения, которое является необходимым условием составления бюджета неопределенности. Реализована методика оценки неопределенности результатов аттестации.

Постановка задачи. Требования электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств (ТС) сегодня являются обязательными [1, 2], определяющих новое качество продукции.

Процедура подтверждения соответствия этим требованиям предусматривает проведение испытаний устойчивости ТС к электромагнитным явлениям, которые могут быть в местах эксплуатации ТС. К числу таких явлений относятся микросекундные импульсные помехи (МИП) в сетях электропитания и связи, порождаемые молниевыми разрядами и коммутационными процессами.

Моделирование МИП осуществляется в соответствии с требованиями международного стандарта IEC 61000-4-5 [3], аналог которого будет введен в Украине как ДСТУ в 2008 году. Для реализации требований указанного выше стандарта используются специализированные генераторы и устройства связи-развязки, аттестованные в установленном порядке.

В Украине существует порядок аккредитации испытательных лабораторий (ИЛ), которые для осуществления своей деятельности должны подтвердить свою техническую компетентность путем выполнения требований стандарта ДСТУ ISO/IEC 17025-2006 [4]. Одним из требований этого документа является наличие процедур оценки неопределенности измерения. Поэтому в ИЛ уделяют большое внимание этому вопросу, так как необходимо производить расчет для каждого испытательного оборудования, а знания персонала не в полной мере соответствуют компетентности в этой области. И хотя на сегодняшний день бюджет неопределенности предоставляется по желанию заказчика, в скором времени оценка неопределенности займет преимущественную позицию по сравнению с расчетом погрешностей. В связи с этим данная проблема является актуальной и требует единого подхода к ее решению для всех ИЛ для последующей прослеживаемости результатов.

В данной статье рассматривается оценка неопределенности результатов испытаний при аттестации комбинированного испытательного генератора микросекундных импульсных помех (КИГ-МИП).

Цель работы. Оценка неопределенности результатов аттестации КИГ-МИП, обусловленная желанием ИЛ признания результатов испытаний другими ИЛ Украины, а в дальнейшем, и странами ЕС. Наличие этой процедуры является необходимым условием для аккредитации ИЛ Национальным агентством по аккредитации Украины (НААУ).

Устройство установки. Генератор КИГ-МИП предназначен для испытаний ТС на устойчивость к воздействию микросекундных импульсных помех большой энергии, в соответствии с [3]. КИГ-МИП предназначен для создания импульсов напряжения и тока большой энергии микросекундного диапазона для последующей передачи их через устройство связи-развязки (УСР-МИП) в порты питания испытываемого технического средства (ИТС).

Общий вид КИГ-МИП приведен на рисунке 1, а его структурная схема – на рисунке 2.



Рис. 1. Общий вид генератора КИГ-МИП



ГИН-6-1/50 – генератор импульсов напряжения и тока;
ПТКФ-1/50 – программируемый таймер-коммутатор фазный

Рис. 2. Структурная схема КИГ-МИП

Генератор импульсов напряжения и тока ГИН-6-1/50 собран и работает по традиционной схеме электродразрядной установки, а именно:

Таблица 1

Требования к НТХ импульсов выходного напряжения и результаты аттестации

Степень жесткости		Амплитуда выходного импульса напряжения, U_m , кВ	Длительность фронта импульса T_{ϕ}^H , мкс	Длительность импульса, T_{Π}^H , мкс
5 (6 кВ)	Требования ИЕС 61000-4-5	$6,0 \pm 0,6$	$1,0 \pm 0,3$	50 ± 10
	Фактические значения для положительного импульса	$6,06 \pm 0,36$	$0,890 \pm 0,018$	$49,08 \pm 0,98$
	Фактические значения для отрицательного импульса	$6,09 \pm 0,37$	$0,893 \pm 0,018$	$48,72 \pm 0,97$
	Выводы о соответствии	соотв.	соотв.	соотв.
3 (2 кВ)	Требования ИЕС 61000-4-5	$2,0 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,3$	50 ± 10
	Фактические значения для положительного импульса	$2,02 \pm 0,12$	$0,899 \pm 0,018$	$48,30 \pm 0,97$
	Фактические значения для отрицательного импульса	$2,03 \pm 0,12$	$0,927 \pm 0,028$	$48,29 \pm 0,97$
	Выводы о соответствии	соотв.	соотв.	соотв.
1 (0,5 кВ)	Требования ИЕС 61000-4-5	$0,5 \pm 0,05$	$1,0 \pm 0,3$	50 ± 10
	Фактические значения для положительного импульса	$0,507 \pm 0,03$	$1,035 \pm 0,041$	$51,93 \pm 1,04$
	Фактические значения для отрицательного импульса	$0,502 \pm 0,03$	$1,013 \pm 0,030$	$51,11 \pm 1,02$
	Выводы о соответствии	соотв.	соотв.	соотв.

– сетевое напряжение 220 В 50 Гц в повысительно-выпрямительном устройстве (ПВУ) повышается и выпрямляется до $\sim 6,5$ кВ, которым заряжается высоковольтный конденсатор блока емкостного накопителя;

– при помощи программируемого таймера-коммутатора фазного (ПТКФ-1/50) конденсатор блока емкостного накопителя через блок высоковольтных коммутаторов разряжается на комплексную нагрузку, которая формирует требуемые импульсы напряжения и тока;

– для выработки циклограммы работы генератора служит блок исполнения циклограмм, который управляет механическими коммутаторами, установленными в ПВУ;

– для измерения амплитудно-временных параметров выходных импульсов тока и напряжения генератора служит блок измерения и контроля, к которому подключается для проведения этих операций электронный осциллограф.

Аттестация генератора КИГ-МИП. У генератора КИГ-МИП аттестации подлежат нормированные точностные характеристики (НТХ), а именно: амплитудно-временные параметры (АВП) выходных импульсов напряжения и тока установки, сдвиг по фазе импульсов напряжения (тока) по отношению к переменному напряжению в сети питания и точность измерения АВП [5]. Требования к НТХ импульсов выходного напряжения КИГ-МИП и результаты аттестации приведены в таблице 1. Генератор КИГ-МИП аттестован по пяти уровням от 0,5 кВ до 6 кВ. В таблице 1, в качестве примера, приведены данные для 5, 3, 1 степеней жесткости.

Рассмотрим параметры НТХ КИГ-МИП, которые определяются при аттестации:

1 НТХ КИГ-МИП по выходному напряжению U_m определяются в режиме холостого хода (нагрузка не менее 10 кОм) – по степеням жесткости 1-5:

– амплитуда импульса напряжения U_m^{1-5} ;

– длительность фронта импульса напряжения T_{ϕ}^H ;

– длительность импульса напряжения T_{Π}^H .

2 НТХ КИГ-МИП по выходному току I_m определяются в режиме короткого замыкания (нагрузка не более 0,1 Ом) – по степеням жесткости 1-5:

– амплитуда импульса тока I_m^{1-5} ;

– длительность фронта импульса тока T_{ϕ}^T ;

– длительность импульса тока T_{Π}^T .

3 НТХ КИГ-МИП по сдвигу фаз определяются в режиме измерения НТХ при 5-ой степени жесткости – φ_i .

4 Определение погрешностей измерения НТХ КИГ-МИП.

5 Оценка неопределенности результатов.

Основные характеристики формы импульса напряжения и тока для всех степеней жесткости, а также сдвиг по фазе, определяются экспериментально путем прямых измерений выходного напряжения КИГ-МИП в режимах холостого хода и короткого замыкания при помощи цифрового осциллографа типа TEKTRONIX TDS 3052B, измерителя импульсов высокого напряжения УИВН-СДН-10, измерительного шунта коаксиального ШК-50.

Схема аттестации КИГ-МИП приведена на рисунке 3.

На рисунке 4 приведены типовые осциллограммы импульсов выходного напряжения КИГ-МИП для напряжения 6 кВ [4].

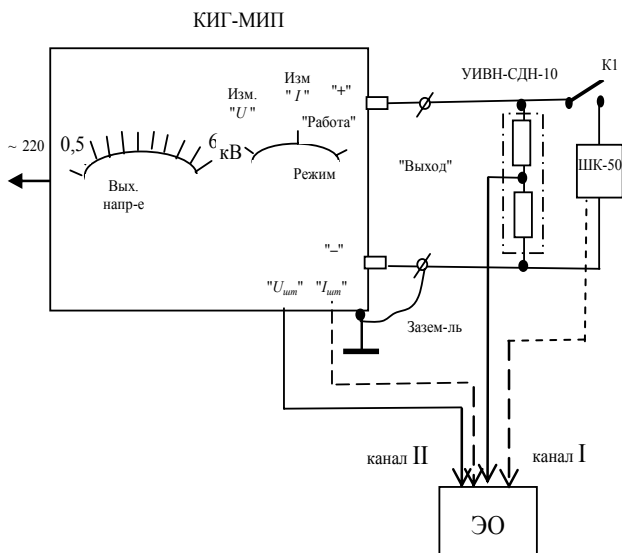
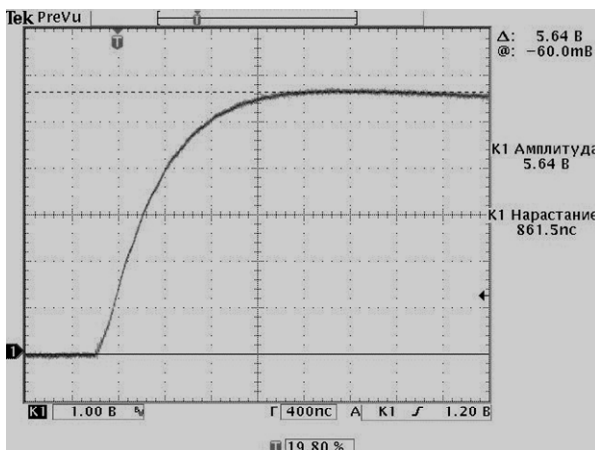
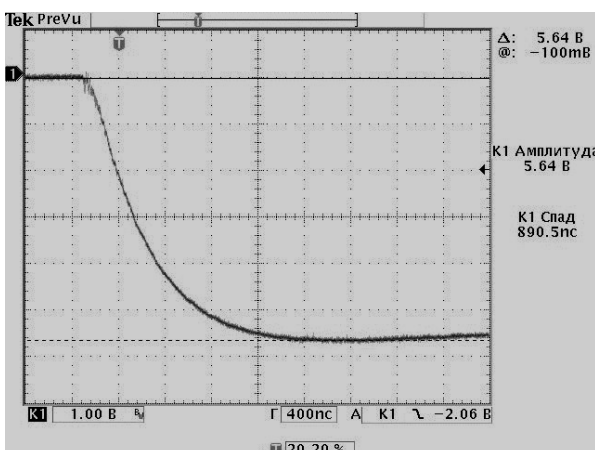


Рис. 3. Схема аттестации КИГ-МИП



а) фронт напряжения + 6 кВ с образцового УИВН-СДН-10 $m_x = 0,4$ мкс/дел



б) фронт напряжения - 6 кВ с образцового УИВН-СДН-10 $m_x = 0,4$ мкс/дел

Рис. 4. Напряжение 6 кВ (5 степень жесткости), $K_{дел}=1036$

Оценка неопределенности результатов аттестации. Используемая методика оценки неопределенности базируется на результатах, изложенных в работах [6-9].

В общем случае, методика оценки неопределенности представляет собой выполнение рекомендаций

РМГ 43-2001 [7], причем, правильное использование всего объема доступной информации требует интуиции, основанной на экспериментальных и общих знаниях, и является искусством, которому можно научиться с практикой. Можно заметить, что оценки типа В стандартной неопределенности могут быть такими же достоверными, как оценки типа А, особенно в измерительных ситуациях, где оценка типа А основана на сравнительно малом числе статистически независимых наблюдений. Расчет составляющих бюджета неопределенности измерений требует следующих шагов [6,8]:

- 1) определить характеристики возмущающих величин (т.е. что создается контрольно-измерительной аппаратурой);
 - 2) идентифицировать составляющие бюджета неопределенности и их величины;
 - 3) определить стохастические распределения каждой составляющей;
 - 4) вычислить стандартные неопределенности $u(x_i)$ для каждой составляющей;
 - 5) Вычислить комбинированную неопределенность $u_c(y)$, коэффициент запаса k и расширенную неопределенность $U_c = u_c(y) \cdot k$;
 - 6) Применить расширенную неопределенность;
- Модельное уравнение измерения (1), служит началом всего процесса расчета неопределенности и позволяет учесть и проанализировать все составляющие вклады неопределенности.

$$U_m = U_{ЭО} \cdot K_d \cdot K_{OC}, \quad (1)$$

где $U_{ЭО}$ – показания осциллографа; K_{OC} – коэффициент деления осциллографа ТЕКТРОНИХ TDS 3052В = 1; K_d – коэффициент деления УИВН-СДН-10, берется из свидетельства о метрологической аттестации на него.

В зависимости от закона распределения составляющей неопределенности используются следующие формулы, практическое применение которых приведено в табл. 1:

- для нормального закона используется формула (2)

$$u(\Delta_X) = \frac{\Delta_X}{2}; \quad (2)$$

- для прямоугольного закона используется формула (3)

$$u(\Delta_X) = \frac{\Delta_X}{\sqrt{3}}; \quad (3)$$

- для нормального закона при статистической обработке используется формула (4)

$$u(\Delta_{PI}) = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^{10} (X_l - \bar{X})^2}{90}}. \quad (4)$$

В табл. 2 приведен бюджет неопределенности результатов аттестации генератора микросекундных импульсных помех большой энергии КИГ-МИП

Таблица 2

Бюджет неопределенности КИГ-МИП

Название составляющей	Значение составляющей, %	Распределение вероятностей	Стандартная неопределенность	Значение неопределенности, %	
Калибровка осциллографа Δ_{OC}	1	нормальное	(2)	0,5	
Амплитудная погрешность УИВН-СДН-10 $\Delta_{АП}$	$\pm 4,24$	Прямоугольное	(3)	2,45	
Амплитудная погрешность осциллографа $\Delta_{АН}$	± 2	Прямоугольное	(3)	1,16	
Погрешность считывания показаний $\Delta_{СП}$	± 1	нормальное	(3)	0,58	
Рассеяние значений выходного напряжения генератора $\Delta_{РП}$	из протокола первичной аттестации	нормальное	(4)	$U_{\text{вых}},$ кВ	
				+	0,53
				-	0,44
$u_C(\Delta) = [u^2(\Delta_{OC}) + u^2(\Delta_{АН}) + u^2(\Delta_{АП}) + u^2(\Delta_{СП}) + u^2(\Delta_{РП})]^{1/2}$				+	2,86
				-	2,85
$U = 1,65 u_C(\Delta)$				+	4,72
Коэффициент охвата = 1,65, т.к. доминирующий вклад неопределенности (2,45) распределен по прямоугольному закону \rightarrow расширенная неопределенность распределена по прямоугольному закону				-	4,70

Примечания:

Δ_{OC} – из свидетельства о метрологической аттестации на осциллограф TEKTRONIX TDS 3052B;

$\Delta_{АН}$ – из свидетельства о метрологической аттестации на осциллограф TEKTRONIX TDS 3052B;

$\Delta_{АП}$ – из руководства по эксплуатации УИВН-СДН-10;

$\Delta_{СП}$ – связана с дискретностью установки курсора, который на всех диапазонах равен одной величине;

$\Delta_{РП}$ – из серии наблюдений.

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика оценки неопределенности результатов аттестации генератора КИГ-МИП.

2. Проведена оценка неопределенности результатов аттестации генератора микросекундных импульсных помех большой энергии КИГ-МИП (для выходного напряжения). Показано, что она не превышает 4,72 % при доверительной вероятности $P=0,95$.

3. Приведенная методика оценки неопределенности результатов аттестации генератора КИГ-МИП и полученные значения могут быть использованы испытательными лабораториями ЭМС для унификации процедуры сличения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Directive 2004/108/EC of the European parliament and of the council of 15 December 2004 On the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility and repealing Directive 89/336/EEC.
- [2] Технічний Регламент України с підтвердження відповідності електромагнітної сумісності.
- [3] IEC 61000-4-5:2005 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test.
- [4] ДСТУ ISO/IEC 17025-2006 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
- [5] Программа и методика первичной аттестации КУ-МИП-6-000.000.000 ПМА. – 2005, регистрационный номер МО Х 06.1103-2005.
- [6] Князев В.В, Лесной И.П. Оценка неопределенности результатов испытаний технических средств по параметрам ЭМС// Системи обробки інформації. Випуск 6 (64): Невизначеність вимірювань: наукові, нормативні, прикладні та методичні аспекти. – Харків, 2007. – С. 44-46.
- [7] РМГ 43-2001 Руководство по выражению неопределенности измерения.
- [8] UKAS., LAB 34. The Expression of Uncertainty in EMC Testing. Ed.1,2002.
- [9] UKAS.,M3003. The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement. Ed.2.,20

Поступила 02.11.2007