

В.В.КНЯЗЕВ, канд. техн. наук, вед. наук. сотр., НТУ «ХПИ»;

Ю.С.НЕМЧЕНКО, гл. метролог, НТУ «ХПИ»;

И.П.ЛЕСНОЙ, зав. лаб., НТУ «ХПИ»;

С.Б.СОМХИЕВ, вед. инж., НТУ «ХПИ»;

Т.Н.ОСТРОВЕРХ, вед. инж., НТУ «ХПИ»

УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАТУХАЮЩЕМУ ПЕРЕМЕННОМУ МАГНИТНОМУ ПОЛЮ С ЧАСТОТОЙ 1000 КГц

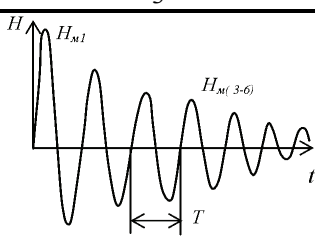
Описано конструкцію та результати випробувань установки, призначеної для випробувань технічних засобів на несприйнятливість до загасаючого змінного магнітного поля з частотою 1000 кГц відповідно до діючих в Україні нормативних документів. Установка генерує загасаюче змінне магнітне поле, яке створюється рамкою, з напруженістю трьох рівнів: 10, 30 та 100 А/м.

The design and results of the test of the installation, intended for test the technical facilities on damped oscillatory magnetic field immunity test with frequency 1000 kHz in accordance with acting in Ukraine normative documents, is described. The installation generates the damped oscillatory magnetic field, which creates in induction coil, the tension of three levels: 10, 30 and 100 A/m.

Технические средства (ТС), имеющие в своем составе электротехнические, электронные и радиоэлектронные компоненты, эксплуатируемые вблизи или на электрических станциях и подстанциях, должны быть устойчивы к действию затухающих магнитных полей, сопровождающих аварийные и штатные коммутационные процессы в высоковольтных линиях передачи энергии. Для подтверждения соответствующего уровня устойчивости ТС проходят испытания в лабораторных условиях по национальному стандарту Украины ДСТУ ІЕС 61000-4-10:2008 [1]. Основные требования этого стандарта приведены в табл. 1. Из этой таблицы видно, что ТС необходимо испытывать магнитными полями двух видов, отличающихся частотой колебаний напряженности магнитного поля – 0,1 МГц и 1 МГц. Реализовать в одном генераторе это требование оказалось сложной задачей из-за резкого увеличения веса и габаритов конструкции, так как при одной и той же полеобразующей системе на частоте 1 МГц емкость формирующего конденсатора в 100 раз превышает емкость того же конденсатора на частоте 0,1 МГц, что резко увеличивает габариты этого конденсатора. Поэтому создано две отдельные установки: У-ЗПМП-100 (с частотой колебаний 0,1 МГц и частотой следования импульсов 40 Гц) и У-ЗПМП-1000 (с частотой колебаний 1 МГц и частотой следования импульсов 400 Гц). Установка У-ЗПМП-100 создана ранее и описана в работе [2].

Ниже описана установка У-ЗПМП-1000, предназначенная для лабораторных испытаний ТС на устойчивость к затухающему переменному магнитному полю с частотой 1000 кГц.

Таблица 1

Параметр	Единица измерения	Значение
1	2	3
1 Форма затухающего переменного магнитного поля (синусоидальная затухающая волна)		
2 Пиковое значение напряженности магнитного поля H_M для степеней жесткости: – 3 – 4 – 5	А/м А/м А/м	10 ± 1 30 ± 3 100 ± 10
3 Частота колебаний напряженности магнитного поля f	МГц	$0,1 \pm 0,01$ $1 \pm 0,1$
4 Частота повторяемости выходных импульсов, не менее	Гц	40 ± 4 при 0,1 МГц 400 ± 40 при 1 МГц
5 Коэффициент затухания δ	-	50 % пикового значения между 3–6 периодами

Так как волновое сопротивление разрядного контура с полеобразующей системой (ПС) одинаковых размеров на частоте 1 МГц в 10 раз превышает аналогичное сопротивление на частоте 0,1 МГц, то для создания в ПС равных по напряженности магнитных полей (разрядные токи при этом должны быть одинаковы) требуется источник питания не менее 12 кВ.

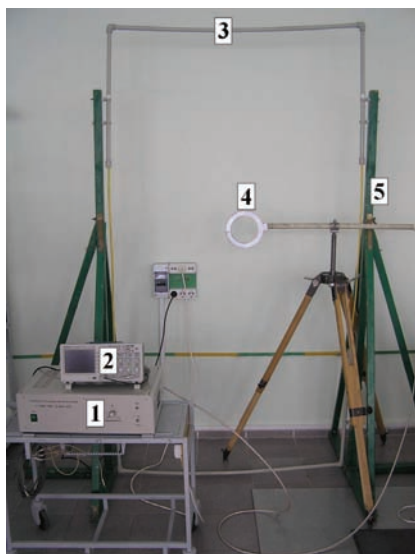
Кроме того, основной сложностью при создании генератора на частоте 1 МГц было получение высокой добротности колебательной системы (КС), которая определяется в стандарте [1] достаточно малым коэффициентом затухания. Также, в виду отсутствия стандартных управляемых газовых разрядников с необходимыми параметрами на рынке Украины, разработан и изготовлен воздушный разрядник с электродами конической формы, выполненными из титана, с титановым поджигающим электродом. Для стабильности работы разрядника, коммутируемого с частотой (400 ± 40) Гц, что требует стандарт [1], в разрядный промежуток введен стабилизирующий керамический стержень диаметром 9 мм, перекрывающий разрядный промежуток.

Так как диапазон генерируемых магнитных полей (табл. 1) изменяется от 10 до 100 А/м, то для коммутации разрядного контура при его неизменных параметрах требуются 3 коммутатора на разные напряжения (на 1,2 кВ; на

3,6 кВ и 12 кВ), что реализовать крайне сложно. Поэтому в конструкции генератора Г-ЗПМП-1000 было принято решение использовать один коммутатор на 12 кВ, а уровни требуемых магнитных полей ПС получать в трех различных разрядных контурах, сохраняя при этом размеры ПС. Для этого изменялась только емкость разрядных конденсаторов.

Кроме того, в систему управления поджигом коммутатора необходимо было ввести электронный блок, обеспечивающий формирование импульсов поджига с требуемой частотой следования 400 Гц.

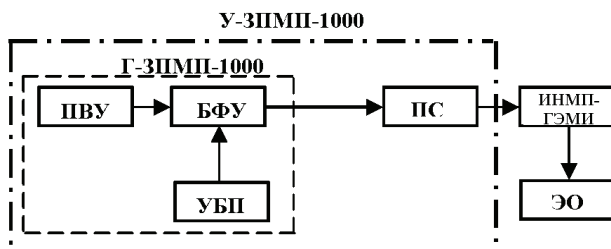
Общий вид установки У-ЗПМП-1000 приведен на рис. 1, а ее структурная схема – на рис. 2.



- 1 – генератор затухающего переменного магнитного поля Г-ЗПМП-1000;
- 2 – цифровой двухканальный запоминающий осциллограф Tektronix TDS 1012;
- 3 – полеобразующая система ПС;
- 4 – измеритель напряженности магнитного поля ИНМП-ГЭМИ;
- 5 – изоляционная стойка ИС

Рисунок 1 – Общий вид установки У-ЗПМП-1000

Установка У-ЗПМП-1000 конструктивно состоит из генератора затухающих переменных магнитных полей с частотой 1000 кГц (Г-ЗПМП-1000), полеобразующей системы (ПС) и изоляционной стойки (ИС). Дополнительным оборудованием, используемым при первичной аттестации данной установки, является система измерений, в которую входят измеритель напряженности магнитного поля (ИНМП-ГЭМИ) с кабельной линией передачи информации и цифровой двухканальный запоминающий осциллограф Tektronix TDS 1012 (ЭО).



У-ЗПМП-1000 – установка У-ЗПМП-1000;
 Г-ЗПМП-1000 – генератор Г-ЗПМП-1000;
 ПВУ – повысительно-выпрямительное устройство;
 БФУ – блок формирующего устройства;
 УБП – управляемый блок поджига;
 ПС – полеобразующая система;
 ИНМП-ГЭМИ – измеритель напряженности магнитного поля;
 ЭО – цифровой двухканальный запоминающий осциллограф Tektronix TDS 1012

Рисунок 2 – Структурная схема У-ЗПМП-1000

Генератор Г-ЗПМП-1000 собран в металлическом корпусе с габаритами 553 мм х 165 мм х 360 мм и включает в себя повысительно-выпрямительное устройство (ПВУ), блок формирующего устройства (БФУ) и управляемый блок поджига (УБП). На рис. 3 показан генератор Г-ЗПМП-1000 со снятой верхней крышкой, а на рис. 4 и рис. 5 – передняя и задняя панель генератора Г-ЗПМП-1000, соответственно.

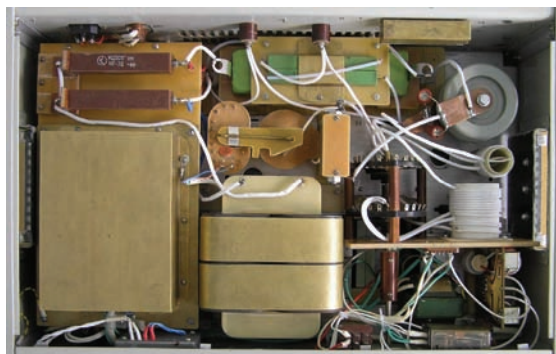


Рисунок 3 – Г-ЗПМП-100 со снятой верхней крышкой

На передней панели генератора Г-ЗПМП-1000 расположены следующие органы управления и контроля установки:

- клавиша СЕТЬ с подсветкой служит для подачи напряжения питания 220 В 50 Гц на генератор Г-ЗПМП-1000 и для его отключения после окончания работы;
- тумблер НЕПРЕРЫВ – 2 СЕК служит для переключения продолжи-

- тельности работы генератора Г-ЗПМП-1000;
- кнопка ПУСК служит для запуска генератора Г-ЗПМП-1000;
- переключатель СТЕПЕНЬ ЖЕСТКОСТИ, А/м служит для установления степени жесткости напряженности магнитного поля на выходе генератора Г-ЗПМП-1000 и имеет три положения: «10», «30», «100».

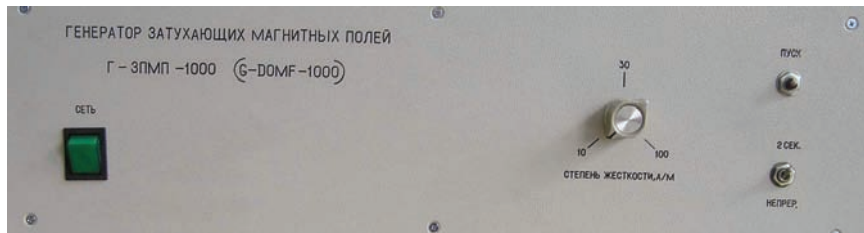


Рисунок 4 – Передняя панель Г-ЗПМП-1000



Рисунок 5 – Задняя панель Г-ЗПМП-1000

На задней панели генератора Г-ЗПМП-1000 находятся: сетевой разъем ~ 220 В, два предохранителя по 5 А, клемма заземления корпуса « \perp » и разъем ВЫХОД «+»«-» для соединения выхода генератора Г-ЗПМП-1000 с полеобразующей системой.

ПВУ предназначено для выработки высокого постоянного напряжения, необходимого для заряда конденсаторов блока формирующего устройства.

БФУ предназначен для формирования в полеобразующей системе импульсов магнитного поля заданных амплитудно-временных параметров.

УБП предназначен для формирования импульсов поджига коммутатора, следующих с частотой 400 Гц.

ИНМП-ГЭМИ [3] предназначен для измерения амплитудно-временных параметров выходных импульсов напряженности магнитного поля в полеобразующей системе установки У-ЗПМП-1000.

ПС предназначена для создания в ее в геометрическом центре магнитного поля с напряженностями от 30 до 100 А/м, и представляет собой прямоугольную рамку с размерами 2,3 м х 1,2 м, выполненную из коаксиального кабеля РК75-7-22 (для рамки используется только его посеребренная оплетка).

Для установки на испытательной площадке ПС служат изоляционные

стойки ИС (1 комплект), позволяющие ориентировать ПС в трех взаимно перпендикулярных направлениях.

На рис. 6 и 7 приведены осциллограммы импульсов напряженности магнитного поля положительной и отрицательной полярности с амплитудой $U_{ЭО}^{ИНМП} = 100 \text{ А/м}$.

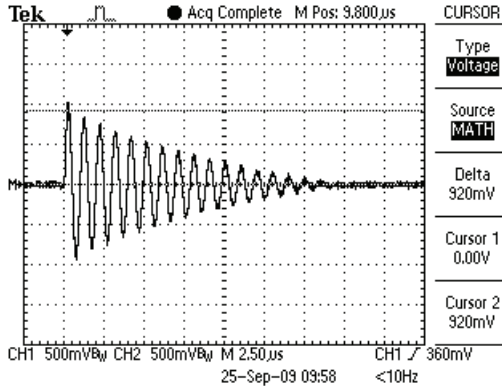


Рисунок 6

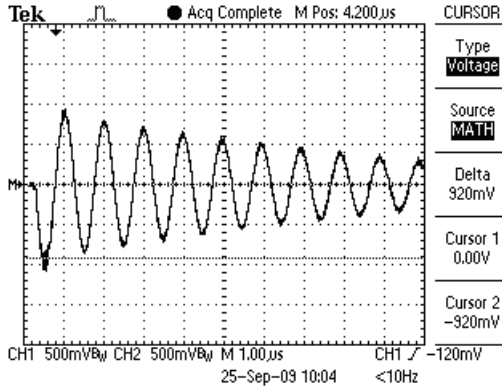


Рисунок 7

Для получения значения амплитуды импульса напряженности магнитного поля $H_{ПС}$, необходимо воспользоваться формулой:

$$H_{ПС} = \frac{U_{ЭО}^{ИНМП}}{K_n^{ИНМП}},$$

где $U_{ЭО}^{ИНМП}$ – амплитуда импульса напряжения на экране ЭО, мВ;

$K_n^{ИНМП}$ – коэффициент преобразования ИНМП-ГЭМИ, 9,08 мВ/А/м (берется из Свидетельства о метрологической аттестации).

Выходные параметры испытательной установки У-ЗПМП-1000, полученные при аттестации, приведены в табл. 2. Видно, что они полностью соответствуют требованиям стандарта [1].

Таблица 2

Испытательные уровни	Полярность выходного импульса	Напряженность магнитного поля, \tilde{H}_m , А/м (при погрешности измерения 2,38 %)	Частота колебаний напряженности магнитного поля, $f_{1МГц}$, МГц (при погрешности измерения 1,14 %)
1	2	3	4
3	Требования стандарта	10 ± 1	$1,00 \pm 0,10$
	Положительная полярность	$10,3 \pm 0,2$	1,05
	Отрицательная полярности	$10,3 \pm 0,2$	1,05
4	Требования стандарта	30 ± 3	$1,00 \pm 0,10$
	Положительная полярность	$31,2 \pm 0,3$	1,05
	Отрицательная полярности	$31,2 \pm 0,2$	1,05
5	Требования стандарта	100 ± 10	$1,00 \pm 0,10$
	Положительная полярность	$101,0 \pm 0,7$	1,02
	Отрицательная полярности	$101,0 \pm 0,8$	1,02

Выводы: Установка У-ЗПМП-1000 успешно прошла первичную аттестацию с участием представителей ГП «Харьковстандартметрология» по разработанной в НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» соответствующей программе и методике аттестации. Установка У-ЗПМП-1000 введена в эксплуатацию.

Список литературы: 1. ДСТУ ІЕС 61000-4-10:2008 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-10: Методы испытания и измерения. Испытания на устойчивость к затухающему переменному магнитному полю. 2. Князев В.В., Немченко Ю.С., Лесной И.П., Сомхив С.Б., Островерх Т.Н. Установка для испытаний технических средств на стойкость к затухающему переменному магнитному полю с частотой 100 кГц // Вестник НТУ «ХПИ». – 2007. – Вып. 20. – С. 95-100. 3. Измеритель напряженности импульсных магнитных полей ИНМП-ГЭМИ. Руководство по эксплуатации. ИНМП-ГЭМИ.000.000.000 РЭ.

Поступила в редколлегию 19.03.2010