

Ю.С.НЕМЧЕНКО, гл. метролог, НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;
В.В.КНЯЗЕВ, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., НИПКИ «Молния»
НТУ «ХПИ»;
И.П.ЛЕСНОЙ, зав. лаб., НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;
С.Б.СОМХИЕВ, вед. инженер, НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»

ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ БАО НА ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К ПЕРЕХОДНЫМ ПРОЦЕССАМ, ВЫЗВАННЫХ МОЛНИЕЙ («МНОГОКРАТНЫЕ УДАРЫ») ИГЛА-МКУ-2

Описана конструкция и результаты аттестации генератора, предназначенного для испытаний бортового авиационного оборудования на восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией «многократные удары», в соответствии с требованиями международных стандартов. Генератор производит циклограммы импульсов напряжения формы 2 по 5-ти уровням испытаний, испытания проводятся методом «кабельной инъекции».

Ключевые слова: испытание, бортовое оборудование, невосприимчивость, молния, переходные процессы, генератор, аттестация.

Введение. В настоящее время обязательным видом испытаний бортового электротехнического и электронного оборудования (БАО) летательных аппаратов являются испытания на восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией. Эти процессы возникают при прямом ударе молнии в корпус летательного аппарата и последующем растекании токов молнии по различным металлическим узлам этих аппаратов, в частности, по межблочным линиям связи (МЛС).

Высокая поражающая эффективность токов растекания объясняется тем, что при этом в МЛС возникают различного вида наведенные высокие импульсные напряжения и большие токи, представляющие собой серьезную угрозу для современной слаботочной электроники БАО.

Поэтому стойкость к переходным процессам, вызванным молнией, выделена в отдельный вид испытаний, который регламентируется нормативным документом EUROCAE ED-14D/ RTCA-DO-160D «Условия окружающей среды и методики испытаний бортового оборудования», Раздел 22: «Восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией» (отечественный аналог этого документа КТР-ВВФ/DO-160D/ED-14D/ [1]). Этот НД с 2004 года распространяется и на все типы БАО гражданских самолетов и вертолетов, выпускаемых в Украине и странах СНГ.

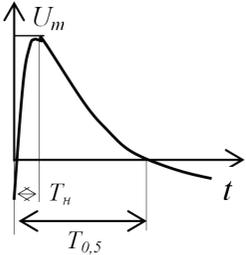
В данной статье мы рассмотрим испытания вида «многократные удары», реализуемые методом кабельной инъекции, при котором испытательные импульсы заданной формы и амплитуды индуцируются в проводниках МЛС

при помощи инжекционного трансформатора. Этот метод используется для проверки способности самолетного оборудования выдерживать внутренние электромагнитные эффекты, создаваемые внешним воздействием молний без функциональных отказов и повреждений.

Идеологически схема формирования импульсов напряжения и тока требуемой формы приведена в [2].

Описание генератора. Генератор ИГЛА-МКУ-2 предназначен для проведения испытаний вида «многократные удары» методом «кабельной инъекции» БАО в полном объеме с требованиями НД [1] испытательными импульсами напряжения и тока формы «2» обеих полярностей по пяти уровням испытаний. В табл. 1 приведены требования к форме и АВП испытательных импульсов напряжения и тока, которые с учетом допусков в полном объеме реализованы в генераторе ИГЛА-МКУ-2.

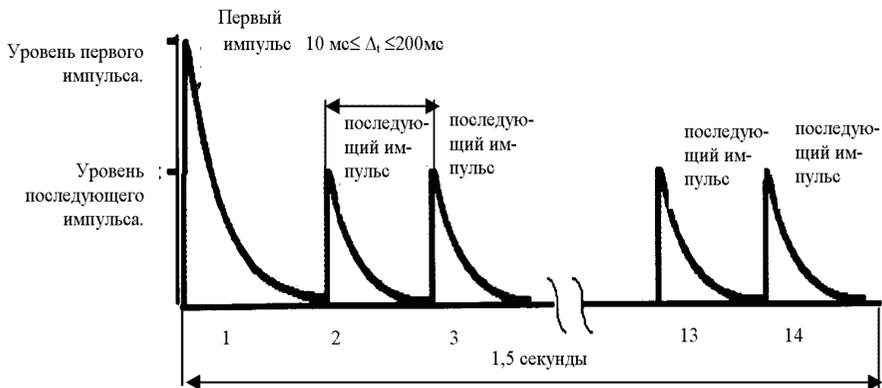
Таблица 1 – Требования к форме и АВП испытательных импульсов напряжения и тока

Параметр	Напряжение $U_{исн}$ (ф.2)	Ток $I_{прод}$ (ф.2)
1. Испытательный комплект № 2		Форма не нормирована
2. Уровни испытаний:		
– 1 (первый удар)	(50 + 10) В	$\leq (50 + 10) \text{ A}$
– 1 (последующие удары)	(25 + 12,5) В	$\leq (25 + 12,5) \text{ A}$
– 2 (первый удар)	(125 + 25) В	$\leq (125 + 25) \text{ A}$
– 2 (последующие удары)	(62,5 + 31,25) В	$\leq (62,5 + 31,25) \text{ A}$
– 3 (первый удар)	(300 + 60) В	$\leq (300 + 60) \text{ A}$
– 3 (последующие удары)	(150 + 75) В	$\leq (150 + 75) \text{ A}$
– 4 (первый удар)	(750 + 150) В	$\leq (750 + 150) \text{ A}$
– 4 (последующие удары)	(375 + 187,5) В	$\leq (375 + 187,5) \text{ A}$
– 5 (первый удар)	(1600 + 320) В	$\leq (1600 + 320) \text{ A}$
– 5 (последующие удары)	(800 + 400) В	$\leq (800 + 400) \text{ A}$
3. Время нарастания, T_n , мкс	$\leq 0,1$	не нормировано
4. Время перехода через 0, T_0 , мкс	$6,4 \pm 1,28$	не нормировано

Генератор ИГЛА-МКУ-2 представляет собой высоковольтную электроразрядную установку с программируемым таймером-коммутатором, которая гене-

рирует многократные испытательные импульсы напряжений и тока положительной и отрицательной полярности по пяти уровням испытаний. Циклограмма вида «многократные удары» по RTCA-DO-160D приведена на рис. 1.

Общий вид генератора ИГЛА-МКУ-2 с ИТ-3 приведен на рис. 2, а передняя панель генератора – на рис. 3.



Один первый импульс сопровождается тринадцатью последующими импульсами, распределенными в интервале до 1,5 секунды

Временные параметры циклограммы:

количество испытательных импульсов в испытательном пакете $N_{BI} - 14$;

интервал между испытательными импульсами в испытательном пакете $T_{BI} -$ от 10 мс до 200 мс;

длительность испытательного пакета $T_{BII} -$ до 1,5 с;

количество испытательных пакетов $N_{III} -$ от 1 до 999.

Рисунок 1 – Циклограмма испытательного пакета вида «многократные удары» формы 2



Рисунок 2 – Общий вид генератора ИГЛА-МКУ-2 с ИТ-1,2

Генератор ИГЛА-МКУ-2 собран в металлическом корпусе габаритами 480x550x210 мм. На передней панели генератора ИГЛА-МКУ-2 (рис. 3) расположены следующие органы управления и контроля:

- клавиша СЕТЬ с подсветкой служит для подачи напряжения питания 220 В 50 Гц на генератор ИГЛА-МКУ-2 и для его отключения после окончания работы;
- переключатель ИСПЫТ. УРОВЕНЬ служит для установления уровня испытательного напряжения генератора ИГЛА-МКУ-2 и имеет пять положений: «1», «2», «3», «4», «5»;
- переключатель ИНТЕРВАЛ, СЕК служит для установления временных интервалов в циклограмме между испытательными пакетами и имеет пять положений: «однократный», «10», «20», «40», «60»;
- табло КОЛИЧЕСТВО УДАРОВ служит для установления количества испытательных пакетов в заданной циклограмме многократных ударов;
- кнопка СТАРТ служит для запуска генератора ИГЛА-МКУ-2;
- кнопка УСТАН. для установления количества испытательных пакетов (для уменьшения этого количества - пользоваться кнопкой СБРОС);
- кнопка СБРОС служит для остановки генератора ИГЛА-МКУ-2 и сброса ранее установленного количества испытательных пакетов до нуля;
- светодиод ИНД. ИМП служит для фиксации каждого импульса в испытательном пакете.



Рисунок 3 – Передняя панель генератора ИГЛА-МКУ-2

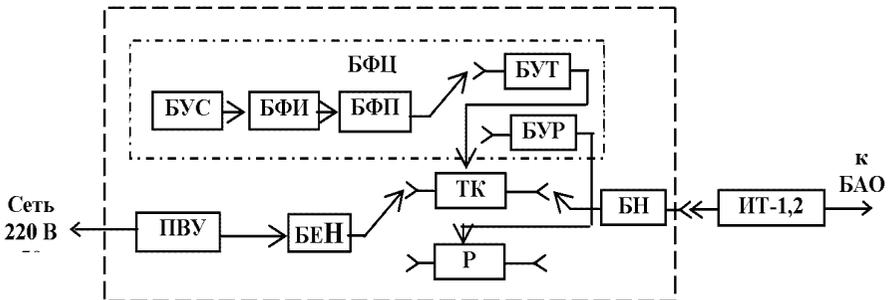
На задней панели генератора ИГЛА-МКУ-2 расположены следующие органы управления и контроля:

- клемма \perp служит для подключения генератора ИГЛА-МКУ-2 к контуру заземления.
- разъем СЕТЬ (~ 220 В) служит для подключения к генератору ИГЛА-МКУ-2 сетевого кабеля;
- «6А» – предохранитель;
- РЕГУЛИРОВКА U_3 «МЕНЬШЕ» – «БОЛЬШЕ» служит для коррекции амплитуды испытательного напряжения при отличии напряжения сети от 220В;



Рисунок 4 – Расположение элементов внутри корпуса генератора ИГЛА-МКУ-2

Генератор ИГЛА-МКУ-2



- БФЦ – блок формирования циклограммы испытательного импульса;
- БУС – блок управления и счетчик импульсов;
- БФИ – блок формирования интервалов между импульсами в пачке;
- БФП– блок формирования пачки из 14 импульсов;
- БУТ – блок управления тиристором;
- БУР – блок управления разрядником
- ПВУ – повысительно-выпрямительное устройство;
- БЕН – блок емкостного накопителя;
- ТК – тиристорный коммутатор;
- Р – высоковольтный разрядник;
- БН – блок нагрузок;
- ИТ-1,2– инжектирующий трансформатор;
- БАО – бортовое авиационное оборудование

Рисунок 5 – Блок-схема генератора ИГЛА-МКУ-2

– разъем Выход служит для подключения выхода генератора через кабель СК-1 к ИТ-1,2;

Расположение элементов внутри корпуса генератора ИГЛА-МКУ-2 приведено на рис. 4.

Блок-схема генератора ИГЛА-МКУ-2 приведена на рис. 5.

Результаты аттестации генератора. На рис. 6 приведены осциллограммы выходных импульсов напряжения первого удара формы «2» положительной и отрицательной полярностей для 5 уровня испытаний.

На рис. 7 приведена циклограмма испытательного пакета вида «многократные удары» из 14 ударов общей длительностью 1,3 с.

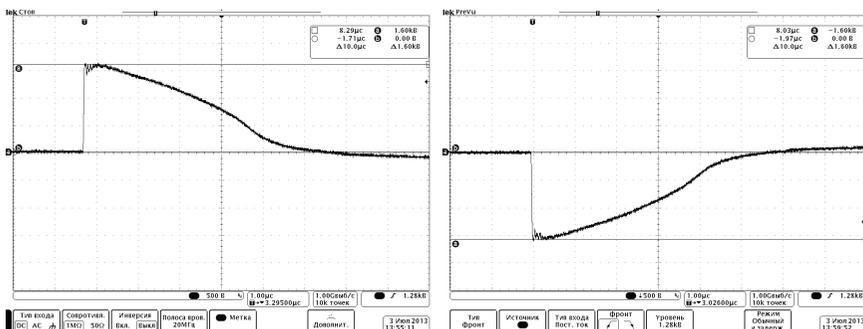


Рисунок 6 – Типовые осциллограммы выходных импульсов напряжения первого удара формы «2» 5 уровня положительной и отрицательной полярностей

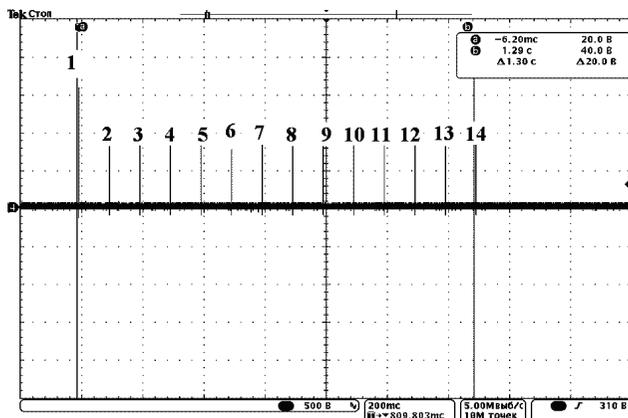
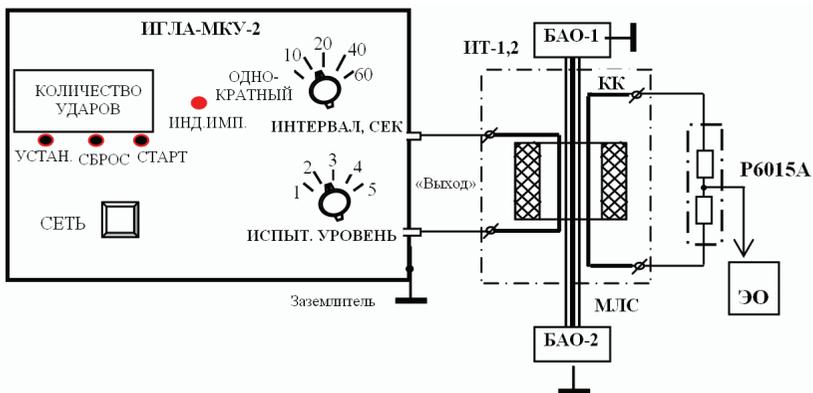


Рисунок 7 – Циклограмма испытательного пакета вида «многократные удары» из 14 ударов общей длительностью 1,3 с

Схема испытаний БАО с МЛС приведена на рис. 8.



ИГЛА-МКУ-2 – испытательный генератор;
 ИТ-1,2 – инжектирующий трансформатор;
 КК – калибровочный контур;
 P6015A – щуп высоковольтный P6015A 1000X;
 МЛС – межблочная линия связи;
 БАО-1, БАО-2 – испытываемое оборудование
 ЭО – осциллограф Tektronix TDS 1012

Рисунок 8 – Схема испытаний БАО

Выводы: Генератор ИГЛА-МКУ-2 успешно прошел первичную аттестацию с участием представителей ГП «Харьковстандартметрология» по разработанной в НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» соответствующей программе и методике аттестации, введен эксплуатацию в НИО-2 НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» и участвует в испытаниях БАО на восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией методом «многократные удары».

Список литературы: 1. КТР-ВВФ /DO-160D/ED-14D/. Условия эксплуатации и окружающей среды для бортового авиационного оборудования. (Внешние воздействующие факторы – ВВФ). Требования, нормы и методы испытаний. Раздел 22.0 Восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией. 2. Генератор для проведения испытаний бортового авиационного оборудования на восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией («многократные удары») 2 формы ИГЛА-МКУ-2. Руководство по эксплуатации ИГЛА-МКУ-2.000.000.000 РЭ.

Bibliography (transliterated): 1. KTR-VVF DO-160DED-14D. Uslovia jekspluatacii i okružhazhshhej srede dlja bortovogo aviacionnogo oborudovanija. (Vneshnie vozdejstvujushhie faktory – VVF). Trebovanija, nor-my i metody ispytanij. Razdel 22.0 Vospriimchivost' k perehodnym processam, vyzvannym molnjej. 2. Generator dlja provedenija ispytanij bortovogo aviacionnogo oborudovanija na vospriimchivost' k perehodnym processam, vyzvannym molnjej («mnogokratnye udary») 2 formy IGLA-MKU-2. Rukovodstvo po jekspluatacii IGLA-MKU-2.000.000.000 RJe.

Поступила (received) 02.04.2014

УДК 621.317.3

Генератор для испытаний БАО на восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией («многократные удары») ИГЛА-МКУ-2 / Ю.С.Немченко, В.В.Князев,

И.П.Лесной, С.Б.Сомхив // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 21 (1064). – С. 108-114. – Бібліогр.: 2 назв. – ISSN 2079-0740.

Описана конструкція и результати атестації генератора, призначеного для випробувального бортового авіаційного обладнання на вразливість к перехідним процесам, викликаним блискавкою «многочисленні удари», в відповідності з вимогами міжнародних стандартів. Генератор виробляє циклограми імпульсів напруги форми 2 по 5-ти рівням випробувальних, випробування проводяться методом «кабельної інжекції».

Ключові слова: випробування, бортове обладнання, вразливість, блискавка, перехідні процеси, генератор, атестація.

УДК 621.317.3

Генератор для випробувань БАО на вразливість к перехідним процесам, викликаним блискавкою («многочисленні удари») ИГ.ЛА-МКУ-2 / Ю.С.Немченко, В.В.Князев, И.П.Лесной, С.Б.Сомхив // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 21 (1064). – С. 108-114. – Бібліогр.: 2 назв. – ISSN 2079-0740.

Описана конструкція и результати атестації генератора, призначеного для випробувального бортового авіаційного обладнання на вразливість к перехідним процесам, викликаним блискавкою «многочисленні удари», в відповідності з вимогами міжнародних стандартів. Генератор виробляє циклограми імпульсів напруги форми 2 по 5-ти рівням випробувальних, випробування проводяться методом «кабельної інжекції».

Ключові слова: випробування, бортове обладнання, вразливість, блискавка, перехідні процеси, генератор, атестація.

Generator intended for testing of the BAO on susceptibility to fast transient/burst, caused lightning ("multiple strokes") IGLA-MKU-2 / Y.S.Nemchenko; V.V.Kniyaziev, I.P. Lesnoy; S.B.Somhiev // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technique and electrophysics of high voltage. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 21 (1064). – P. 108-114. – Bibliogr.: 2. – ISSN 2079-0740.

The construction and the testing of the attestation of the generator intended for testing of the on-board aircraft equipment on susceptibility to fast transient/burst, caused lightning "multiple strokes", according to International standards are described. The apparatus generates the mission profile of the test voltage of the form 2 on five levels, test are conducted by method "Cable injection".

Keywords: test, on-board aircraft equipment, susceptibility, lightning, transients, generator, attestation.