

**В.В.КНЯЗЕВ**, канд.техн.наук; **Ю.С.НЕМЧЕНКО**; **И.П.ЛЕСНОЙ**;  
**С.Б.СОМХИЕВ**; **Т.Н.ОСТРОВЕРХ**; НТУ «ХПИ»

## **ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К ПЕРЕХОДНЫМ ПРОЦЕССАМ, ВЫЗВАННЫМ МОЛНИЕЙ («КОНТАКТНЫЙ ВВОД»)**

Описано конструкцію та результати атестації генератора, призначеного для випробувань бортового авіаційного обладнання на сприйнятливість до перехідних процесів, викликаних блискавкою, відповідно до вимог міжнародних стандартів. Генератор виробляє імпульси напруги форм 3, 4, 5 А по п'ятьох рівнях випробувань, ці випробування проводяться методом «контактного введення».

The construction and the results of the attestation of the generator intended for testing of the on-board aircraft equipment on susceptibility to fast transient/burst, caused lightning, according to International standards are described. The apparatus generates the test voltage pulses of the forms 3, 4, 5A on five levels, test are conducted by method «Pin Injection Test».

В настоящее время обязательным видом испытаний бортового электро-технического 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, наведенным молнией» (отечественный аналог этого документа КТР-ВВФ/DO-160D/ED-14D/ [1]). Этот НД с 2004 года распространяется и на все типы БОА, выпускаемые в Украине и странах СНГ.

Данный вид испытаний содержит три независимых метода испытаний:

- испытания «контактным вводом»;
- испытания «кабельной инъекцией»;
- испытания «вводом в заземление».

В данной статье мы остановимся только на методе испытаний «контактным вводом», при котором испытательный импульс заданной формы и амплитуды подается непосредственно в определенные контакты разъемов БАО, к которым подходят МЛС, подпавшие под действие токов растекания. Наведенные при этом на проводниках МЛС импульсные напряжения прикладываются обычно между каждым контактом разъема БАО и заземленным корпусом.

Ниже описаны требования к испытательным импульсам напряжения и испытательный генератор ИГЛА-КВ, который по своему назначению и своей конструкции полностью отличается от ранее применяемой у нас для испытаний на молниестойкость БАО по ОСТ 1 01160-88 установки УИМ [2, 3].

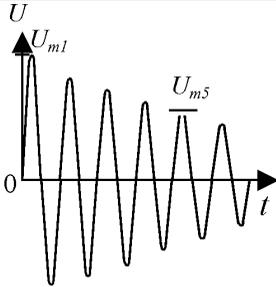
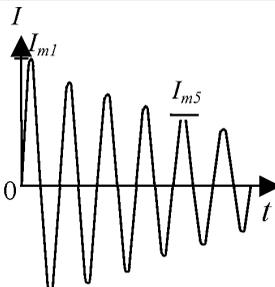
Разработанный и изготовленный в сотрудничестве Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института «Молния» НТУ «ХПИ» и ООО «Терра-АВТ» генератор ИГЛА-КВ предназначен для проведения испытаний «контактным вводом» БАО в полном объеме с требованиями НД [1] импульсами напряжения форм 3, 4, 5 А обеих полярностей по пяти уровням испытаний.

Испытательные импульсы напряжений холостого хода форм «3», «4» и «5А» и соответствующих им токов короткого замыкания генератора ИГЛА-КВ приведены в табл. 1-3.

Генератор ИГЛА-КВ представляет собой высоковольтную электроразрядную установку с программируемым таймером-коммутатором, которая имеет следующие режимы генерирования испытательных импульсов:

- генерирование однократных импульсов положительной полярности;
- генерирование однократных импульсов отрицательной полярности;
- генерирование периодических импульсов положительной полярности с регулируемым количеством импульсов: от 1 до 10 (с интервалом 1) и от 10 до 100 (с интервалом 10);
- генерирование периодических импульсов отрицательной полярности с регулируемым количеством импульсов: от 1 до 10 (с интервалом 1) и от 10 до 100 (с интервалом 10);
- генерирование периодических импульсов положительной полярности с расстоянием между импульсами: от 1 с до 10 с (с интервалом 1 с) и от 10 с до 60 с (с интервалом 10 с);
- генерирование периодических импульсов отрицательной полярности с расстоянием между импульсами: от 1 с до 10 с (с интервалом 1 с) и от 10 с до 60 с (с интервалом 10 с);
- генерирование однократных или периодических импульсов со сдвигом фазы между началом синусоиды питания БАО (115 В, 400 Гц) и импульсом поджига генератора ИГЛА-КВ от 0° до 360° через 15°;
- генерирование всех вышеперечисленных импульсов по пяти уровням испытаний.

Таблица 1

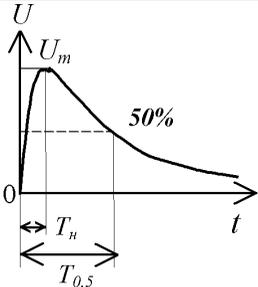
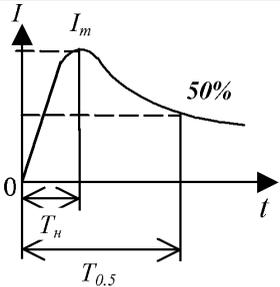
Параметр	Напряжение $U_{xx}$	Ток $I_{кз}$
1	2	3
1. Испытательный импульс напряжения формы 3		
2. Уровни испытаний:		
– 1	(100 + 10) В	(4 + 0,4) А
– 2	(250 + 25) В	(10 + 1) А
– 3	(600 + 60) В	(24 + 2,4) А
– 4	(1500 + 150) В	(60 + 6) А
– 5	(3200 + 320) В	(128 + 13) А
3. Частота колебаний, МГц	$1 \pm 0,2$	$1 \pm 0,2$
4. Степень затухания, $\delta$	$U_{m5} = (0,25 \div 0,75) U_{m1}$	$I_{m5} = (0,25 \div 0,75) I_{m1}$
5. Сдвиг по фазе при напряжении питания 115 В 400 Гц, $\varphi_i$	$90^\circ \pm 10^\circ$ $270^\circ \pm 10^\circ$	$90^\circ \pm 10^\circ$ $270^\circ \pm 10^\circ$

Общий вид генератора ИГЛА-КВ приведен на рис. 1.



Рисунок 1 – Общий вид генератора ИГЛА-КВ

Таблица 2

Параметр	Напряжение $U_{xx}$	Ток $I_{кз}$
1	2	3
1. Испытательный импульс напряжения формы 4		
2. Уровни испытаний:		
– 1	(50 + 5) В	(10 + 1) А
– 2	(125 + 13) В	(25 + 2,5) А
– 3	(300 + 30) В	(60 + 6) А
– 4	(750 + 75) В	(150 + 15) А
– 5	(1600 + 160) В	(320 + 32) А
3. Время нарастания, $T_{н2}$ , мкс	$6,4 \pm 1,28$	$40 \pm 8$
4. Время спада, $T_{0,5}$ , мкс	$69 \pm 13,8$	$120 \pm 24$
5. Сдвиг по фазе при напряжении питания 115 В 400 Гц, $\varphi_i$	$90^\circ \pm 10^\circ$ $270^\circ \pm 10^\circ$	$90^\circ \pm 10^\circ$ $270^\circ \pm 10^\circ$

Генератор ИГЛА-КВ собран в металлическом корпусе с габаритами 480x500x255 мм и включает в себя повысительно-выпрямительное устройство (ПВУ), блок емкостных накопителей (БЕН), блок коммутаторов (БК), блок нагрузки (БН) и программируемый таймер-коммутатор (ПТК). На рис. 2 показан генератор ИГЛА-КВ со снятой верхней крышкой, а на рис. 3 – передняя панель генератора ИГЛА-КВ.

На передней панели генератора ИГЛА-КВ расположены следующие органы управления и контроля установки:

- клавиша СЕТЬ с подсветкой служит для подачи напряжения питания 220 В 50 Гц на генератор ИГЛА-КВ и для его отключения после окончания работы;
- переключатель УРОВЕНЬ служит для установления уровня выходного напряжения генератора ИГЛА-КВ и имеет пять положений: «1», «2», «3», «4», «5»;
- переключатель ПОЛЯРНОСТЬ служит для установления полярности

- выходного напряжения генератора ИГЛА-КВ и имеет три положения: «+», «0» и «-»;
- регулятор  $U_{зар}$  служит для корректировки напряжения на выходе генератора ИГЛА-КВ (красные риски на микроамперметре);
  - ТАБЛО ПТК служит для отображения параметров циклограмм работы генератора ИГЛА-КВ;
  - кнопка СТАРТ/СТОП служит для запуска и остановки генератора ИГЛА-КВ;
  - кнопки «↑» и «↓» КОЛ. ИМП. служат для изменения количества выходных импульсов;
  - кнопки «↑» и «↓» ФАЗА служат для изменения фазы выходных импульсов;
  - кнопки «↑» и «↓» ИНТЕРВ. служат для изменения расстояния между импульсами выходного напряжения;
  - световой индикатор справа от ТАБЛО ПТК служит для контроля отработки циклограмм на генераторе ИГЛА-КВ;
  - переключатель ФОРМА ИСПЫТ. НАПРЯЖЕНИЯ служит для установления формы выходного напряжения генератора ИГЛА-КВ: «3», «4» или «5А»;
  - разъем  $\sim 2 В 400 Гц$  служит для привязки к фазе при определении сдвига по фазе при внешнем напряжении питания  $\sim 115 В 400 Гц$ ;
  - разъем ИМП.СИНХР. служит для определения сдвига фазы по отношению к напряжению питания  $\sim 115 В 400 Гц$ .
  - На задней панели генератора ИГЛА-КВ (рис. 4) расположены следующие органы управления и контроля:
  - разъем ВЫХОД служит для подключения генератора ИГЛА-КВ к испытываемому оборудованию;
  - переключатель ИСТОЧНИК  $U_{зар}$  служит для установления источника зарядного напряжения для выходного напряжения генератора ИГЛА-КВ и имеет два положения: «ВНУТР.» и «ВНЕШН.»;
  - разъем  $\sim 220 В$  служит для подключения к генератору ИГЛА-КВ сетевого кабеля;
  - разъем  $\sim 115 В 400 Гц$  служит для подключения к генератору ИГЛА-КВ кабеля от внешнего источника переменного напряжения 115 В частотой 400 Гц;
  - разъем ВНЕШН. ИСТ.  $U_{зар}$  служит для подключения к генератору ИГЛА-КВ внешнего источника зарядного напряжения;
  - «1А» и «3А» – предохранители;
  - клемма  $\perp$  служит для подключения генератора ИГЛА-КВ к контуру заземления.

Таблица 3

Параметр	Напряжение $U_{кк}$	Ток $I_{кз}$ (форма не нормируется)
1	2	3
1 Испытательный импульс напряжения формы 5 А		
2. Уровни испытаний: – 1 – 2 – 3 – 4 – 5	(50 + 5) В (125 + 13) В (300 + 30) В (750 + 75) В (1600 + 160)	(50 + 5) А (125 + 13) А (300 + 30) А (750 + 75) А (1600 + 160) А
3. Время нарастания, $T_n$ , мкс	$40 \pm 8$	-
4. Время спада, $T_{0,5}$ , мкс	$120 \pm 24$	-
5. Сдвиг по фазе при напряжении питания 115 В 400 Гц, $\varphi_i$	$90^\circ \pm 10^\circ$ $270^\circ \pm 10^\circ$	$90^\circ \pm 10^\circ$ $270^\circ \pm 10^\circ$

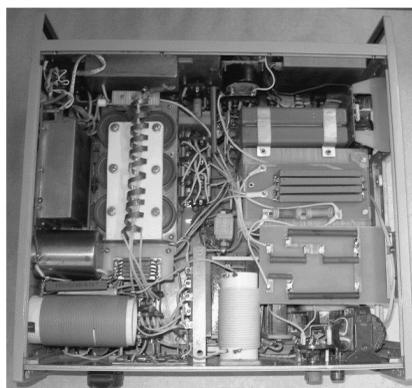


Рисунок 2 – ИГЛА-КВ со снятой верхней крышкой

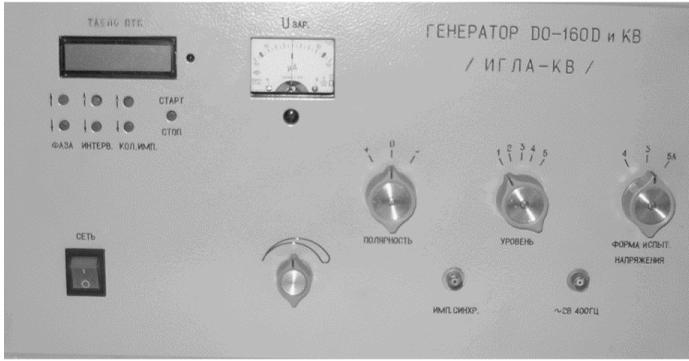


Рисунок 3 – Передняя панель ИГЛА-КВ



Рисунок 4 – Задняя панель генератора ИГЛА-КВ

На рисунках 5 - 10 приведены осциллограммы выходных импульсов напряжения и тока форм «3», «4» и «5А» положительной полярности для 5 уровня испытаний.

Схемы испытаний всех цепей БАО приведены на рисунках 11 – 13.

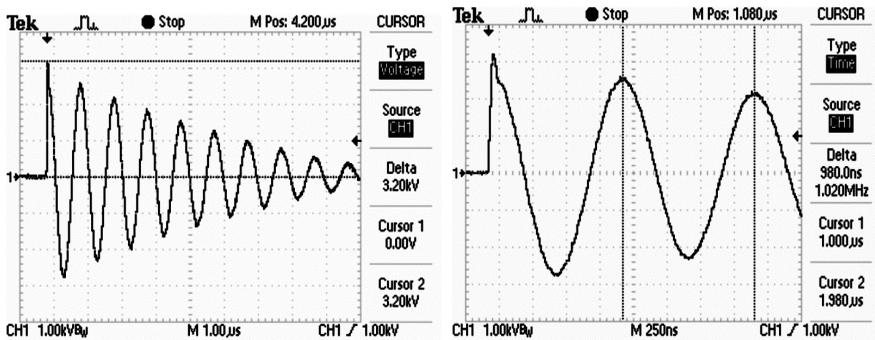


Рисунок 5 – Типовые осциллограммы выходного напряжения  $U_{XX}$  формы «3» положительной полярности уровня 5

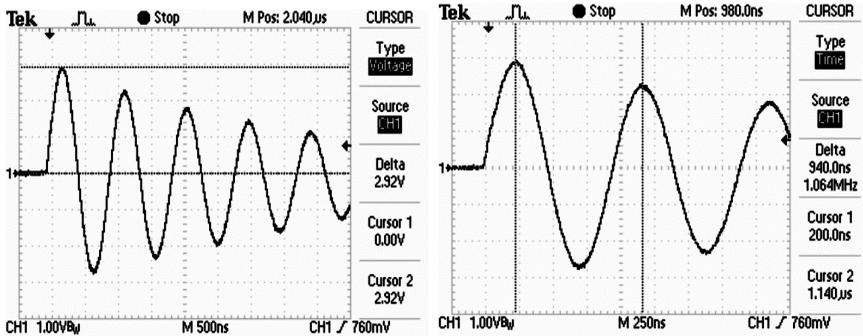


Рисунок 6 – Типовые осциллограммы выходного тока  $I_{K3}$  формы «3» положительной полярности уровня 5

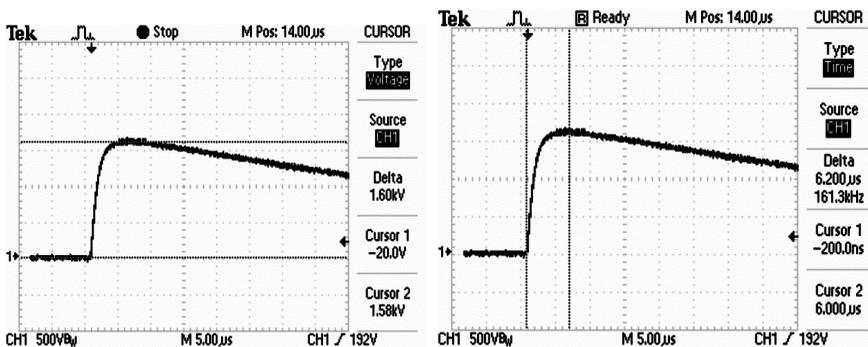


Рисунок 7 – Типовые осциллограммы выходного напряжения  $U_{XX}$  формы «4» положительной полярности уровня 5

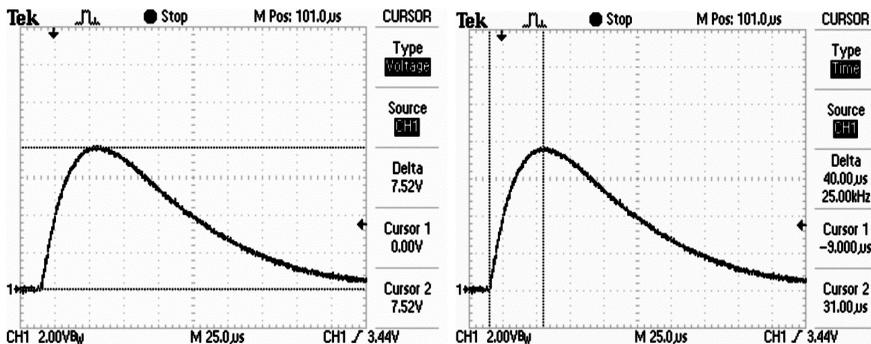


Рисунок 8 – Типовые осциллограммы выходного тока  $I_{K3}$  формы «5А» положительной полярности уровня 5

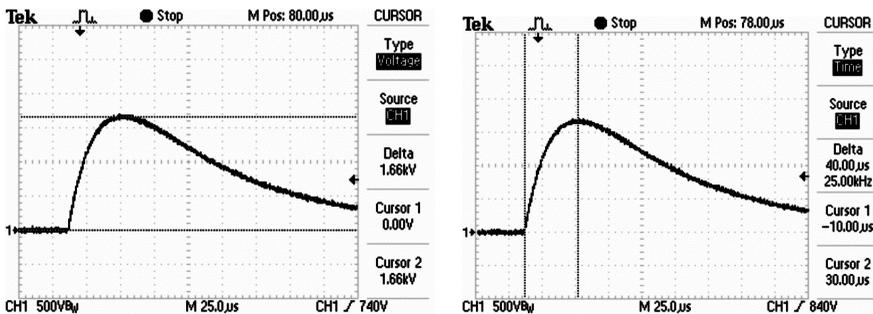


Рисунок 9 – Типовая осциллограмма выходного напряжения  $U_{XX}$  формы «5А» положительной полярности уровня 5

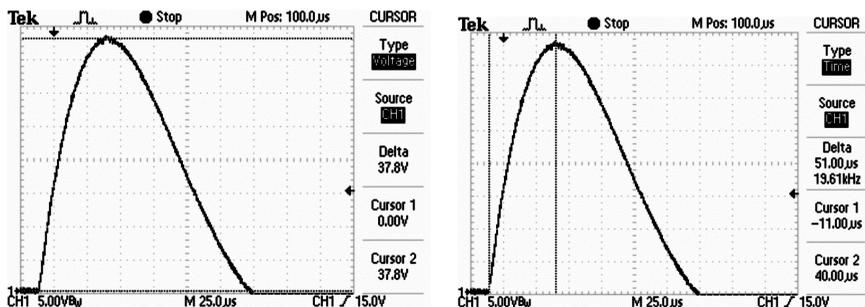


Рисунок 10 – Типовые осциллограммы выходного тока  $I_{K3}$  формы «5А» положительной полярности уровня 5

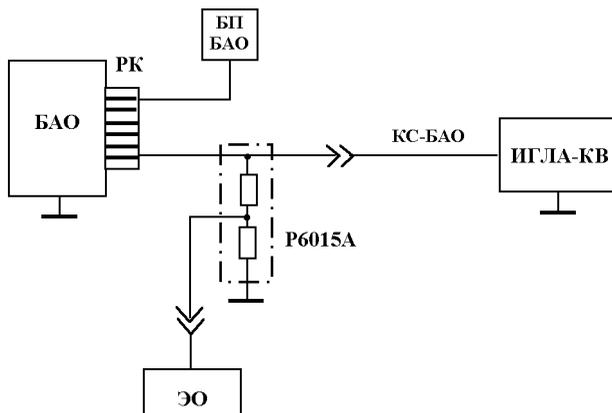


Рисунок 11 – Схема испытаний БАО по всем цепям, за исключением цепей питания:

ПК – разъем с нагружаемыми контактами; БП БАО – блок питания БАО; ИГЛА-КВ – испытательный генератор; P6015A – высоковольтный делитель напряжения; КС-БАО – кабель соединительный к БАО; ЭО – осциллограф TEKTRONIX TDS1012

