

У роботі наведено розрахунок зони захисту подвійного нахиленого непаралельного тросового блискавководводу за допомогою методу кінцевих точок.

**Ключові слова:** тросовий блискавководвід, математичний опис, зона захисту, метод кінцевих точок.

Double inclined unparallelled lightning conductor protection zone calculation by the instrumentality of the ending points method is represented in this paper.

**Keywords:** lightning conductor, mathematical formulation, protection zone, ending points method.

УДК 621.317.3

**В. В. КНЯЗЕВ**, канд. техн. наук, вед. науч. сотр.; НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;

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

**И. П. ЛЕСНОЙ**, зав. лаб., НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;

**С. Б. СОМХИЕВ**, вед. инженер, НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»

### **ГЕНЕРАТОР ИГЛА-МКУ-3-1 ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ МОЛНИЕСТОЙКОСТИ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ («МНОГОКРАТНЫЕ УДАРЫ»)**

Описано конструкцию и результаты аттестации специализированного генератора, предназначенного для испытаний уровня восприимчивости бортового авиационного оборудования к действию переходных процессов в гальванических цепях, обусловленных молниевым разрядом. Генератор формирует циклограммы импульсов напряжения формы №3 с частотой 1 МГц по пяти испытательным уровням. Испытания проводятся методом «кабельной инъекции». Выходные параметры генератора полностью соответствуют требованиям стандарта DO-160D.

**Ключевые слова:** испытания, бортовое оборудование, восприимчивость, многократные удары, генератор

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

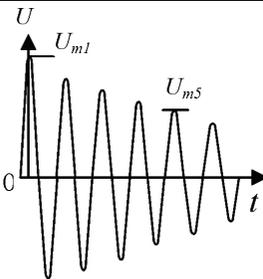
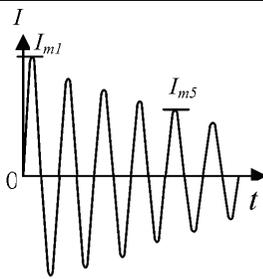
© В. В. Князев, Ю. С. Немченко, И. П. Лесной, С. Б. Сомхиев., 2013

угрозу для современной слаботочной электроники БАО.

Поэтому определение уровня восприимчивости БАО к переходным процессам, сопровождающим молниевый разряд, выделено 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» (в СНГ аналог этого документа КТ-ВВФ/DO-160D [1]).

В данной статье рассмотрен вид испытаний «многократные удары», реализуемый методом кабельной инжекции, при котором испытательные импульсы заданной формы и амплитуды индуцируются в проводниках МЛС при помощи инжекционного трансформатора. Этот метод используется для проверки способности авиационного оборудования выдерживать внутренние электромагнитные эффекты, создаваемые внешним воздействием молний.

Таблица 1 – АВП генерируемых импульсов напряжения и тока

Параметр	Напряжение $U_{ucn}$ (ф.3)	Ток $I_{nped}$ (ф.3)
1. Испытательный комплект № 3 (формы сигналов – затухающая синусоида)		
2. Уровни испытаний: – 1 (первый удар) – 1 (последующие удары) – 2 (первый удар) – 2 (последующие удары) – 3 (первый удар) – 3 (последующие удары) – 4 (первый удар) – 4 (последующие удары) – 5 (первый удар) – 5 (последующие удары)	<b>(100 + 20) В</b> <b>(50 + 25) В</b> <b>(250 + 50) В</b> <b>(125 + 62,5) В</b> <b>(600 + 120) В</b> <b>(300 + 150) В</b> <b>(1500 + 300) В</b> <b>(750 + 150) В</b> <b>(3200 + 640) В</b> <b>(1600 + 800) В</b>	$\leq (20 + 4) \text{ A}$ $\leq (10 + 5) \text{ A}$ $\leq (50 + 10) \text{ A}$ $\leq (25 + 12,5) \text{ A}$ $\leq (120 + 24) \text{ A}$ $\leq (60 + 30) \text{ A}$ $\leq (300 + 60) \text{ A}$ $\leq (150 + 75) \text{ A}$ $\leq (640 + 128) \text{ A}$ $\leq (320 + 160) \text{ A}$
3. Частота колебаний, МГц	<b>1 ± 0,2</b>	1 ± 0,2
4. Степень затухания, $\partial$	$U_{m5}=(0,25\div 0,75)U_{m1}$	$I_{m5}=(0,25\div 0,75)I_{m1}$

Идеология построения схемы формирования требуемой формы импульсов напряжения и тока приведена в работе [2].

Генератор ИГЛА-МКУ-3-1 МГц предназначен для проведения вида испытаний «многократные удары» методом «кабельной инъекцией». Выходные параметры генератора полностью соответствуют требованиями НД [1] для испытательных импульсов напряжения и тока формы «3» частотой 1 МГц обеих полярностей по пяти уровням испытаний. В табл. 1 приведены требования к форме и амплитудно-временные параметры (АВП) испытательных импульсов напряжения и тока, которые с учетом допусков в полном объеме реализованы в генераторе ИГЛА-МКУ-3-1.

Генератор ИГЛА-МКУ-3-1 МГц представляет собой высоковольтную электроразрядную установку с программируемым таймером-коммутатором, которая генерирует многократные испытательные импульсы напряжений и тока положительной и отрицательной полярности по пяти уровням испытаний. Циклограмма испытательных многократных ударов приведена на рис. 1.

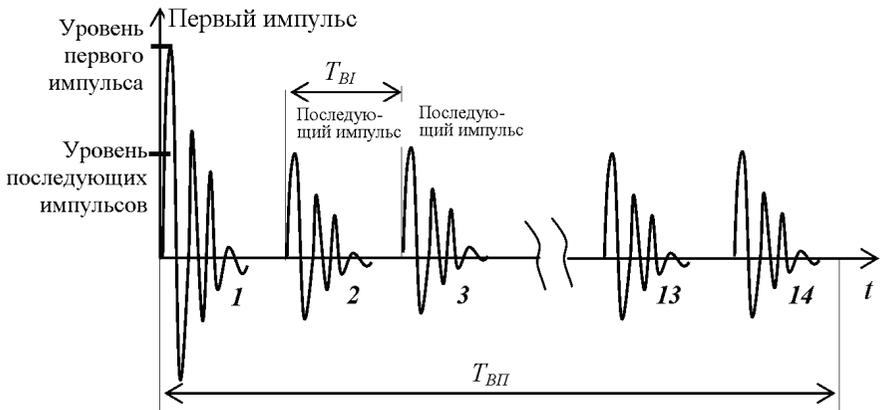


Рисунок 1 – Циклограмма многократных ударов 3 формы:

Временные параметры циклограммы:

- количество испытательных импульсов в испытательном пакете  $N_{BI} = 14$ ;
- интервал между испытательными импульсами в испытательном пакете  $T_{BI} = 100$  мс;
- длительность испытательного пакета  $T_{BII} =$  до 1,5 с;
- количество испытательных пакетов  $N_{III} =$  от 1 до 999.

Общий вид генератора ИГЛА-МКУ-3-1 МГц с инжекционным трансформатором ИТ-3 приведен на рис. 2, а передняя панель генератора – на рис. 3.

Генератор ИГЛА-МКУ-3-1 МГц собран в металлическом корпусе габаритами 360x440x210 мм. На передней панели генератора ИГЛА-МКУ-3-1 МГц (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-3-1 МГц и для его отключения после окончания работы;
- переключатель ИСПЫТ. УРОВЕНЬ служит для установления уровня испытательного напряжения генератора ИГЛА-МКУ-3-1 МГц 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-3-1 МГц;
- кнопка УСТАН. для установления количества испытательных пакетов (для уменьшения этого количества - пользоваться кнопкой СБРОС);
- кнопка СБРОС служит для остановки генератора ИГЛА-МКУ-3-1 МГц и сброса ранее установленного количества испытательных пакетов до нуля;
- светодиод ИНД. ИМП служит для фиксации каждого импульса в испытательном пакете.



Рисунок 2 – Общий вид генератора ИГЛА-МКУ-3-1 с ИТ-3



Рисунок 3 – Передняя панель генератора ИГЛА-МКУ-3-1 МГц

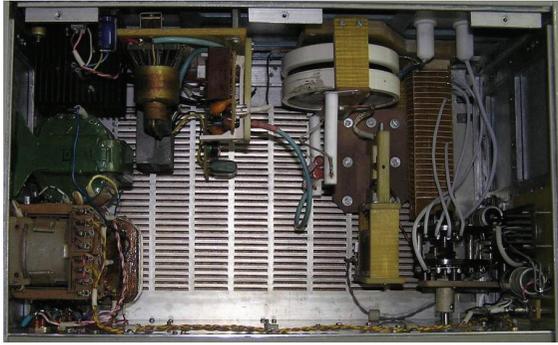


Рисунок 4 – Расположение элементов внутри корпуса генератора ИГЛА- МКУ-3-1 МГц

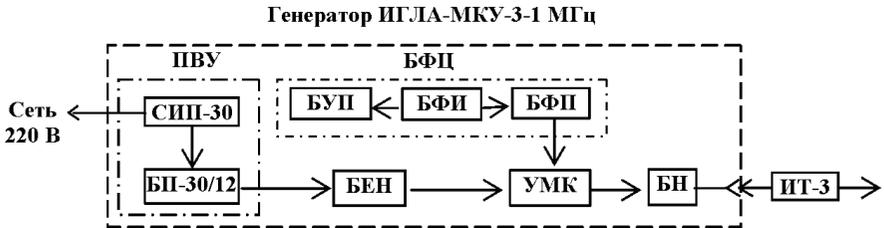


Рисунок 5 – Блок-схема генератора ИГЛА-МКУ-3-1 МГц:

БФЦ – блок формирования циклограммы испытательного импульса;

ПВУ – повысительно-выпрямительное устройство;

СИП-30 – блок стабилизации постоянного напряжения 30 В;

БУ-30/12 – блок преобразования 12 кВ;

БЕН – блок емкостных накопителей;

УМК – управляемый механический коммутатор;

БН – блок нагрузок;

БПИ– блок формирования пачки из 14 импульсов;

БФИ – блок формирования интервалов между импульсами в пачке;

БУИ - блок установки количества пачек;

ИТ-3 – инжектирующий трансформатор;

БАО – бортовое авиационное оборудование

На задней панели генератора ИГЛА-МКУ-3-1 МГц расположены следующие органы управления и контроля:

- клемма  $\perp$  служит для подключения генератора ИГЛА-МКУ-3-1 МГц к контуру заземления.
- разъем СЕТЬ (~ 220 В) служит для подключения к генератору ИГЛА-МКУ-3-1 МГц сетевого кабеля;
- «1А» и «2А» – предохранители;
- клеммы К ИТ-3 служат для подключения выхода генератора через кабель СК-1 к ИТ-3;
- тумблер Е<sub>ЗАР</sub>. служит для автономного включения или отключения

источника высокого напряжения.

Расположение элементов внутри корпуса генератора ИГЛА-МКУ-3-1 МГц приведено на рис. 4.

Блок-схема генератора ИГЛА-МКУ-3-1 МГц приведена на рис. 5.

На рис. 6 приведены осциллограммы выходных импульсов напряжения формы «3» положительной и отрицательной полярностей для 5 уровня испытаний.

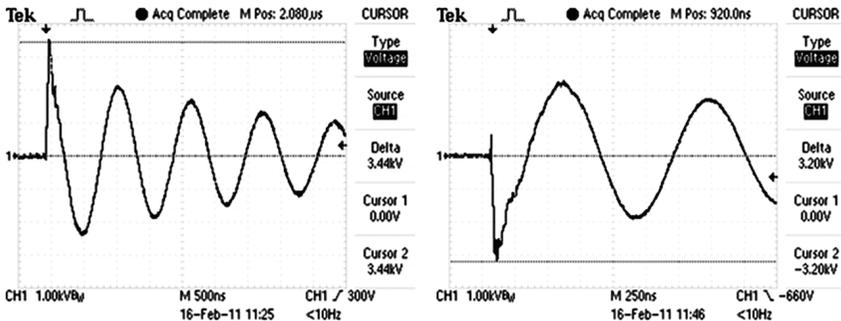


Рисунок 6 – Типовые осциллограммы испытательного напряжения 5 уровня положительной и отрицательной полярностей

На рис. 7 приведена осциллограмма первого удара 5-го испытательного уровня выходного импульса напряжения формы «3» положительной полярности при определении степени затухания (определяются амплитуды 1 и 5 полупериодов).

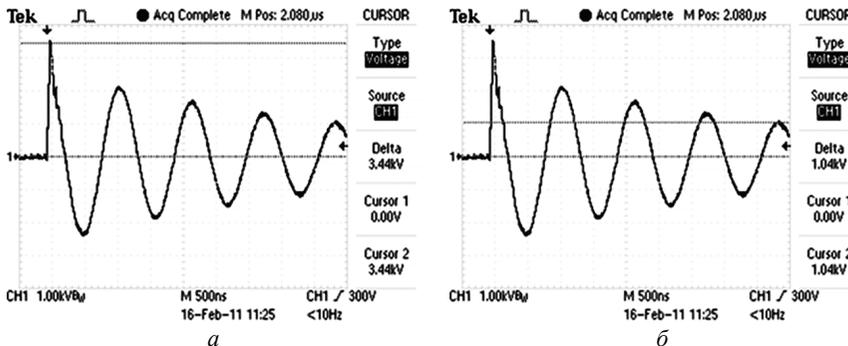


Рисунок 7 – Типовая осциллограмма первого удара 5-го испытательного уровня: а – амплитуда 1 полупериода; б – амплитуда 5 полупериода

На рис. 8 приведена циклограмма испытательного пакета «многократные удары», состоящего из 14 ударов общей длительностью 1,44 с.

Схема испытаний БАО с МЛС приведена на рис. 9.

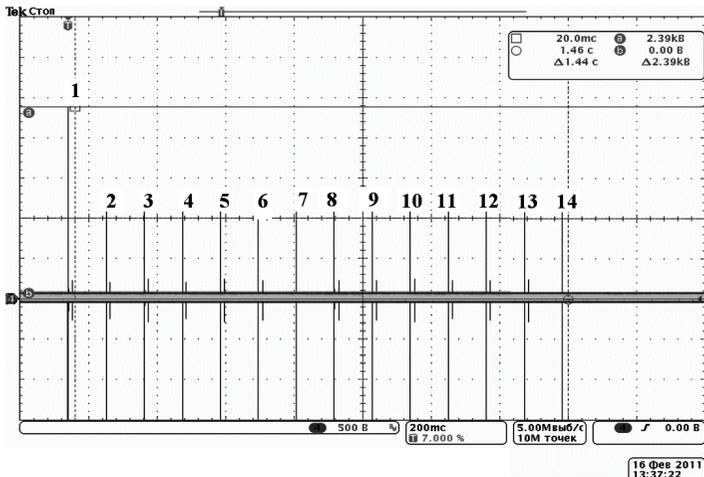


Рисунок 8 – Циклограмма испытательного пакета «многоразовые удары» из 14 ударов общей длительностью 1,44 с

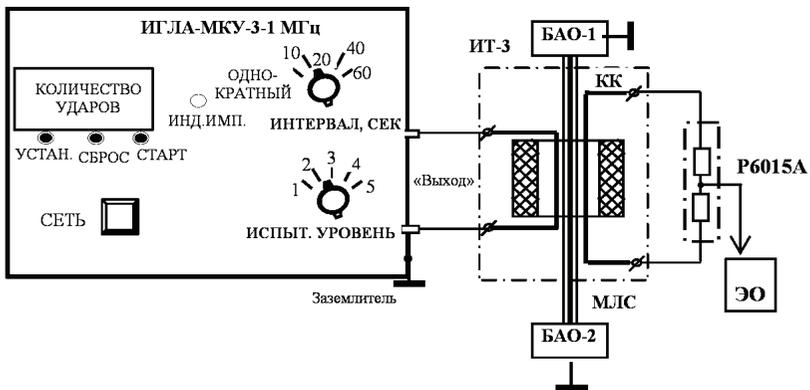


Рисунок 9 – Схема испытаний БАО:

- ИГЛА-МКУ-3-1 МГц – испытательный генератор;
- ИТ-3 – 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

**Выводы.** Генератор ИГЛА-МКУ-3-1 МГц успешно прошел первичную аттестацию с участием представителей ГП «Харьковстандартметрология» по разработанной в НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» соответствующей программе и методике аттестации, введен в эксплуатацию в НИПКИ «Молния» НТУ

«ХПИ» и используется при испытаниях БАО на восприимчивость к переходным процессам, вызванных молнией методом «многократные удары».

**Список литературы:** 1. КТ-ВВФ / DO-160D. 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. Князев В.В., Немченко Ю.С., Лесной И.П., Сомхив С.Б., Островерх Т.Н. Генератор для проведения испытаний бортового авиационного оборудования на восприимчивость переходным процессам, вызванным молнией («многократные вспышки») ИГЛА-МВ-10 МГц. // Вестник НТУ «ХПИ» «Техника и электрофизика высоких напряжений». – 2011. – Вып. 16. – С.111-117.

*Поступила в редколлегию 30.03.2013*

УДК 621.317.3

**Генератор ИГЛА-МКУ-3-1 для испытаний молниестойкости бортового авиационного оборудования («Многократные удары») / В. В. Князев, Ю. С. Немченко, И. П. Лесной; С. Б. Сомхив // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 27 (1000). – С. 68-75. – Бібліогр.: 2 назв.**

Описано конструкцію та результати атестації спеціалізованого генератора, призначеного для випробувань рівня несприйнятливості бортового авіаційного обладнання до дії перехідних процесів у гальванічних колах, що обумовлені розрядом блискавки. Генератор формує циклограми імпульсів напруги форми 3 частотою 1 МГц по 5-м випробувальним рівням. Випробування проводяться методом «кабельної інжекції». Вихідні параметри генератора повністю відповідають вимогам стандарту DO-160D.

**Ключові слова:** випробування, бортове обладнання, несприйнятливість, багаторазові удари, генератор.

A construction and results of attestation of the specialized generator intended for the tests of level of immunity of board equipment to the action of transients in galvanic circles, that the create by lightning, are described. A generator forms cyclogram of impulses of tension of form 3 frequencies of 1 MHz for 5th to the proof-of-concept levels. Test do by the method of «cable injection». The initial parameters of generator fully answer the requirements of standard DO – 160D.

**Keywords:** test, board equipment, immunity, frequent shots, generator.