

cheskogo KPD jelektricheskogo razrjada v vode. JeOM. 2014. Vol. 50, No 2. 81-90 Print. **10.** Denisjuk T.D., Golen' Ju.V. Osobennosti jelektrorazrjadnoj ochistki tochnogo lit'ja. Processy lit'ja. 2014. No 1. 62-68 Print. **11.** Ry'zun A.R., Golen' Y'.V., Deny'syuk T.D. Teknologichny'j proces ta obladnannya dlya jelektrorazryadnogo lokal'nogo znemichnennya gruntiv riznoyi micznosti i struktury'. Nauka ta innovaciyi. 2014. No 5. 18-23 Print. **12.** Titce U., Shenk K. Poluprovodnikovaja shemotehnika. Moscow: Mir, 1982. 512 Print. **13.** Nazarova N.S., Kozyrev S.S. Razrabotka adaptivnogo fil'tra informacionnogo signala sistemy upravlenija jelektrogridroimpul'snoj ustanovki. Zbirny'k naukovy'x prac' NUK. 2004. No 4 (397). 124-130 Print.

*Поступила (received) 17.03.2015.*

УДК 621.317.3

**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 ВОСПРИИМЧИВОСТИ БАО К ПЕРЕХОДНЫМ ПРОЦЕССАМ, ВЫЗВАННЫХ МОЛНИЕЙ «ИГЛА-МКУ-4» («МНОГОКРАТНЫЕ УДАРЫ» ФОРМА 4)**

Описана конструкция и результаты аттестации генератора, предназначенного для испытаний бортового авиационного оборудования на восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией «многократные удары» форма 4, в соответствии с требованиями международного стандарта DO-160 (раздел 22). Генератор воспроизводит циклограммы импульсов напряжения формы 4 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 авиационного 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,

© Ю.С.Немченко, В.В.Князев, И.П.Лесной, С.Б.Сомхиев, 2015

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 [1]. В Украине, в настоящий момент, действует устаревшая версия этого стандарта [2], которая с 2004 года распространяется на все типы БАО гражданских самолетов и вертолетов.

В данной статье рассмотрены испытания вида «многократные удары», реализуемые методом введения в заземление. Этот метод используется для проверки способности самолетного оборудования выдерживать внутренние электромагнитные эффекты, создаваемые внешним воздействием молний без функциональных отказов и повреждений.

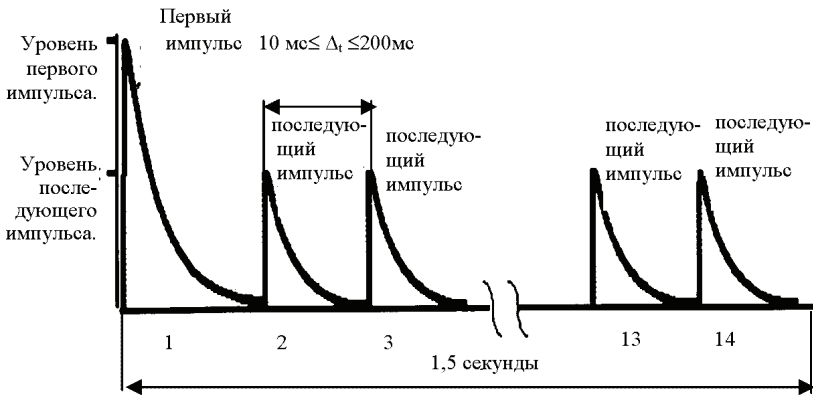
Концептуальная схема формирования импульсов напряжения и тока требуемой формы приведена в [3].

Таблица 1 – Требования к форме и амплитудно-временным параметрам (АВП) испытательных импульсов напряжения и тока

Параметр	Напряжение $U_{исп}$ (ф.4)	Ток $I_{пред}$ (ф.4)
1. Испытательный комплект № 4		Форма не нормирована
2. Уровни испытаний:		
– 1 (первый удар)	<b>(25 + 5) В</b>	$\leq (50 + 10) А$
– 1 (последующие удары)	<b>(12,5 + 6,25) В</b>	$\leq (25 + 12,5) А$
– 2 (первый удар)	<b>(62,5 + 13) В</b>	$\leq (125 + 25) А$
– 2 (последующие удары)	<b>(31,25 + 15,626) В</b>	$\leq (62,5 + 31,25) А$
– 3 (первый удар)	<b>(150 + 30) В</b>	$\leq (300 + 60) А$
– 3 (последующие удары)	<b>(75 + 37,5) В</b>	$\leq (150 + 75) А$
– 4 (первый удар)	<b>(375 + 75) В</b>	$\leq (750 + 150) А$
– 4 (последующие удары)	<b>(187,5 + 93,75) В</b>	$\leq (375 + 188) А$
– 5 (первый удар)	<b>(800 + 160) В</b>	$\leq (1600 + 320) А$
– 5 (последующие удары)	<b>(400 + 200) В</b>	$\leq (800 + 400) А$
3. Время нарастания, $T_n$ , мкс	<b>6,4 ± 1,28</b>	не нормировано
4. Время спада, $T_{0,5}$ , мкс	<b>69 ± 13,8</b>	не нормировано

**Описание генератора.** Генератор ИГЛА-МКУ-4 предназначен для проведения испытаний вида «многократные удары» методом «введения в заземление» БАО в полном объеме с требованиями НД [1, 2] испытательными импульсами напряжения и тока формы «4» обеих полярностей по пяти уровням испытаний. В табл. 1 приведены требования к форме и амплитудно-временным параметрам (АВП) испытательных импульсов напряжения и тока, которые с учетом допусков в полном объеме реализованы в генераторе ИГЛА-МКУ-4.

Генератор ИГЛА-МКУ-4 представляет собой высоковольтную электро-разрядную установку с программируемым таймером-коммутатором, которая генерирует многократные испытательные импульсы напряжений и тока положительной и отрицательной полярности по пяти уровням испытаний. Циклограмма вида «многократные удары» приведена на рис. 1.



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

Рисунок 1 – Циклограмма испытательного пакета вида «многократные удары» формы 4. Временные параметры циклограммы: количество испытательных импульсов в испытательном пакете  $N_{В1}$  – 14; интервал между испытательными импульсами в испытательном пакете  $T_{В1}$  – от 10 мс до 200 мс; длительность испытательного пакета  $T_{ВП}$  – до 1,5 с; количество испытательных пакетов  $N_{ПП}$  – от 1 до 999.

Общий вид генератора ИГЛА-МКУ-4 приведен на рис. 2, а передняя панель генератора – на рис. 3.

Генератор ИГЛА-МКУ-4 собран в металлическом корпусе габаритами 480 x 215 x 450 мм. На передней панели генератора ИГЛА-МКУ-4 (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-4 и для его отключения после окончания работы;



Рисунок 2 – Общий вид генератора ИГЛА-МКУ-4



Рисунок 3 – Передняя панель генератора ИГЛА-МКУ-4

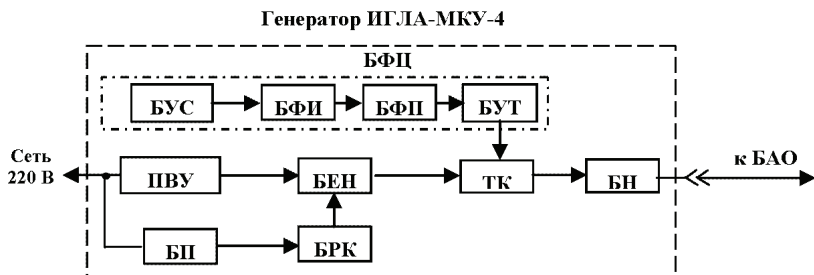


Рисунок 4 – Блок-схема генератора ИГЛА-МКУ-4:

БФЦ – блок формирования циклограммы испытательного импульса; БУС – блок управления и счетчик импульсов; БФИ – блок формирования временных интервалов; БФП – блок формирования цикла многократного удара; БУТ – блок управления тиристором; ПВУ – повысительно-выпрямительное устройство; БЕН – блок емкостных накопителей; ТК – управляемый тиристорный коммутатор; БН – блок нагрузок; БРК – блок разряда накопительного конденсатора; БАО – бортовое авиационное оборудование; БП – блок питания БРК

- переключатель ИСПЫТ. УРОВЕНЬ служит для установления уровня испытательного напряжения генератора ИГЛА-МКУ-4 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;
- переключатель ПОЛЯРНОСТЬ служит для установления полярности выходного напряжения (положительной или отрицательной);
- кнопка СТАРТ служит для запуска генератора ИГЛА-МКУ-4;
- кнопка УСТАН. для установления количества испытательных пакетов (для уменьшения этого количества – пользоваться кнопкой СБРОС);
- кнопка СБРОС служит для остановки генератора ИГЛА-МКУ-4 и сброса ранее установленного количества испытательных пакетов до нуля;
- светодиод ИНД. ИМП служит для фиксации каждого импульса в испытательном пакете.



Рисунок 5 – Расположение элементов внутри корпуса генератора ИГЛА-МКУ-4

На задней панели генератора ИГЛА-МКУ-4 расположены следующие органы управления и контроля:

- клемма  $\perp$  служит для подключения генератора ИГЛА-МКУ-4 к контуру заземления;
- разъем СЕТЬ (~ 220 В) служит для подключения к генератору ИГЛА-МКУ-4 сетевого кабеля;
- «4А» и «4А» – предохранители;
- разъем ВЫХОД служит для подключения к генератору выходного кабеля и далее к испытуемому изделию;
- регулятор РЕГУЛИРОВКА  $U_{зар}$  «меньше» - «больше» служит для ус-

тановки номинального значения  $U_{зар}$  в зависимости от напряжения в сети электропитания.

Блок-схема генератора ИГЛА-МКУ-4 приведена на рис. 4.

Расположение элементов внутри корпуса генератора ИГЛА-МКУ-4 приведено на рис. 5 (вид сверху при открытой крышке).

**Результаты аттестации генератора.** На рис. 6 приведены осциллограммы выходных импульсов напряжения первого удара формы «4» положительной и отрицательной полярностей для 5 уровня испытаний.

На рис. 7 приведена циклограмма испытательного пакета вида «многоразовые удары» из 14 ударов общей длительностью 1,36 с.

Схема испытаний БАО с МЛС приведена на рис. 8.

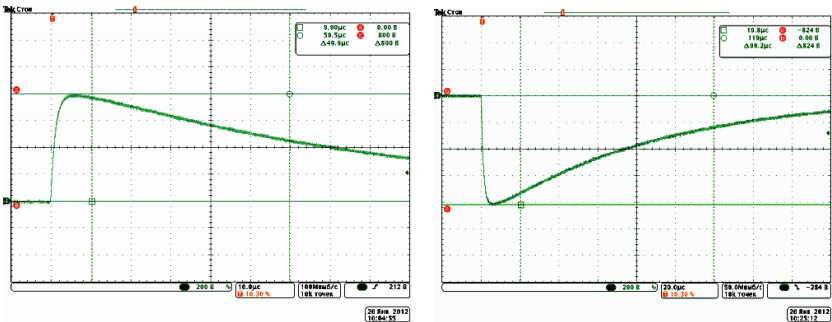


Рисунок 6 – Типовые осциллограммы выходных импульсов напряжения первого удара формы «4» 5 уровня положительной и отрицательной полярностей

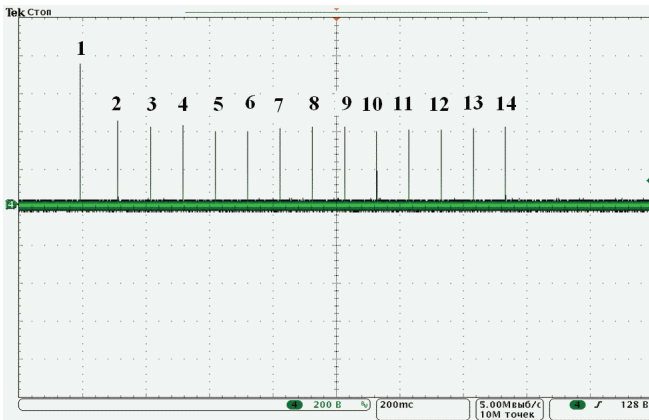


Рисунок 7 – Циклограмма испытательного пакета вида «многоразовые удары» из 14 ударов общей длительностью 1,36 с

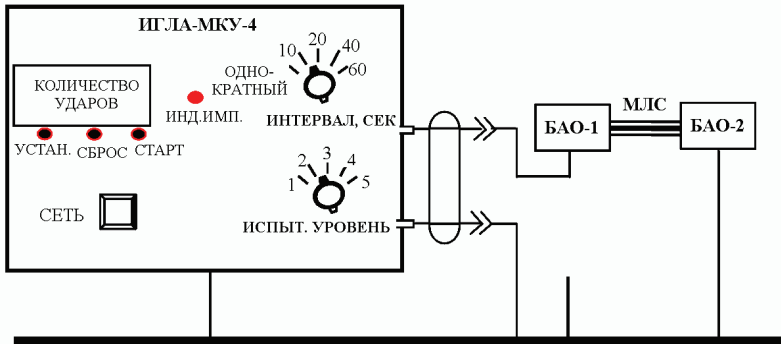


Рисунок 8 – Схема испытаний БАО: ИГЛА-МКУ-4 – испытательный генератор; МЛС – межблочная линия связи; БАО-1, БАО-2 – испытываемое оборудование

**Выводы:** Разработан и создан генератор ИГЛА-МКУ-4, который прошел первичную аттестацию с участием представителей ГП «Харьковстандартметрология». Программа и методика аттестации разработана в НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ». Генератор введен эксплуатацию и участвует в испытаниях БАО на восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией методом «многократные удары».

**Список литературы:** 1. ED-14G:2011 Environmental conditions and test procedures for airborne equipment. 2. КТ -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. / АР-МАК\_2004. 3. Генератор для проведения испытаний бортового авиационного оборудования на восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией («многократные удары») 4 формы ИГЛА-МКУ-4. Руководство по эксплуатации ИГЛА-МКУ-4.000.000.000 РЭ.

**Bibliography (transliterated):** 1. ED-14G:2011 Environmental conditions and test procedures for airborne equipment. 2. КТ-160D. Uslovija jekspluatacii i okruzhajushhej sredy dlja bortovogo aviacionnogo oborudovanija. (Vneshnie vozdejstvujushhie faktory – VVF). Trebovanija, normy i metody ispytanij. Razdel 22.0 Vospriimchivost' k perehodnym processam, vyzvannym molniej. 3. Generator dlja provedenija ispytanij bortovogo aviacionnogo oborudovanija na vospriimchivost' k perehodnym processam, vyzvannym molniej («mnogokratnye udary») 4 formy IGLA-MKU-4. Rukovodstvo po jekspluatacii IGLA-MKU-4.000.000.000 Rje.

*Поступила (received) 16.04.2015*