

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.

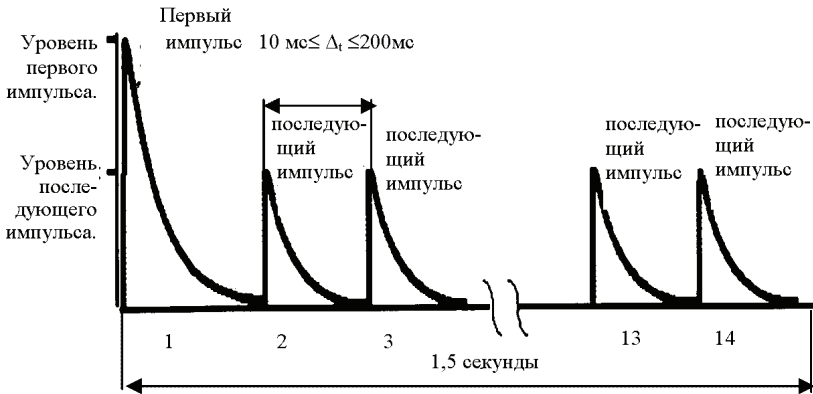
Концептуальная схема формирования импульсов напряжения и тока требуемой формы приведена в [3].

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><math>6,4 \pm 1,28</math></b>	не нормировано
4. Время спада, $T_{0,5}$ , мкс	<b><math>69 \pm 13,8</math></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

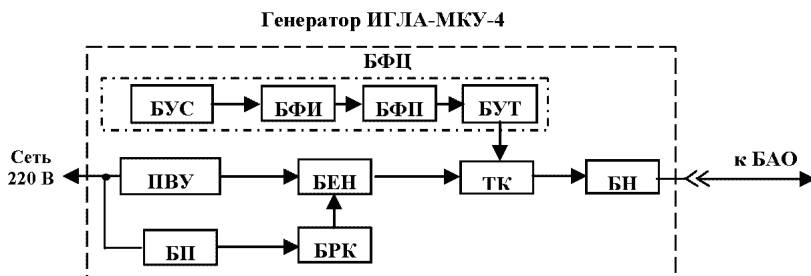


Рисунок 4 – Блок-схема генератора ИГЛА-МКУ-4:

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.

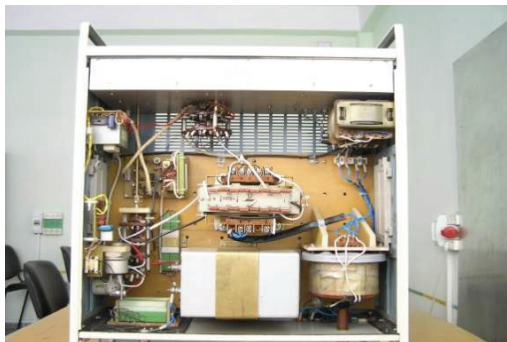


Рисунок 5 – Расположение элементов внутри корпуса генератора ИГЛА-МКУ-4

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.

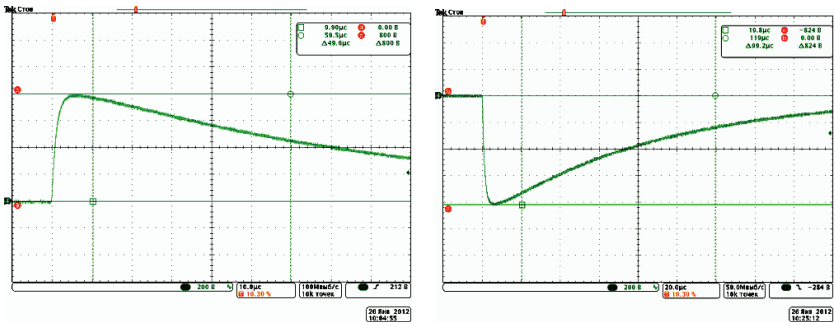


Рисунок 6 – Типовые осциллограммы выходных импульсов напряжения первого удара формы «4» 5 уровня положительной и отрицательной полярностей

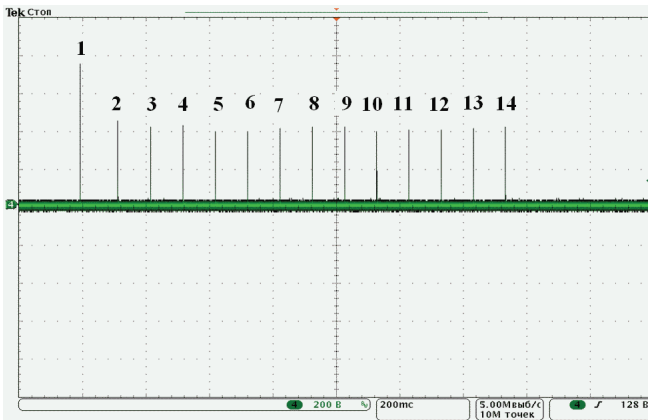


Рисунок 7 – Циклограмма испытательного пакета вида «многоразовые удары» из 14 ударов общей длительностью 1,36 с

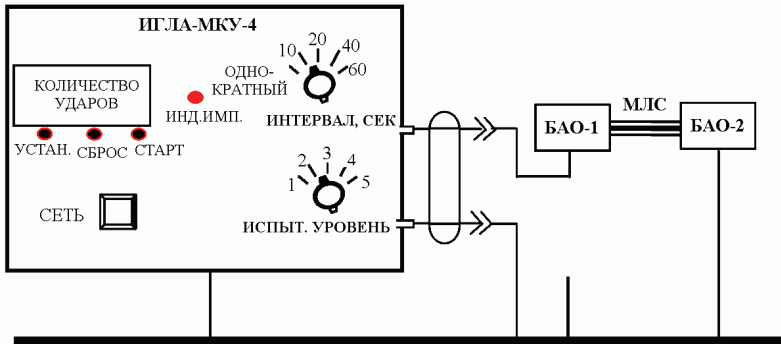


Рисунок 8 – Схема испытаний БАО: ИГЛА-МКУ-4 – испытательный генератор; МЛС – межблочная линия связи; БАО-1, БАО-2 – испытываемое оборудование

**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 okružhajushhej srede 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*

УДК 621.317.3

**Генератор для випробувань БАО на сприйнятливість до перехідних процесів, викликаних блискавкою «ІГЛА-МКУ-4» («багаторазові удари» форма 4) / Ю.С.Немченко, В.В.Князев, І.П.Лесной, С.Б.Сомхієв // Вісник НТУ «ХП». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 20 (1129). – С. 92-98. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0740.**

Описано конструкцію та результати атестації генератора, призначеного для випробувань бортового авіаційного обладнання на сприйнятливість до перехідних процесів, викликаних блискавкою «багаторазові удари», відповідно до вимог міжнародних стандартів. Генератор виробляє циклограми імпульсів напруги форми 4 по 5-х рівнях іспитів, випробування проводяться методом «уведення в уземлення».

**Ключові слова:** випробування, бортове авіаційне обладнання, несприйнятливість, блискавка, перехідні процеси, генератор, атестація.

УДК 621.317.3

**Генератор для испытаний БАО на восприимчивость к переходным процессам, вызванных молнией «ИГЛА-МКУ-4» («многократные удары» форма 4) / Ю.С.Немченко, В.В.Князев, И.П.Лесной, С.Б.Сомхиев // Вісник НТУ «ХП». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 20 (1129). – С. 92-98. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0740.**

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 4 по 5-ти уровням испытаний, испытания проводятся методом «кабельной инъекции».

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

**Generator intended for testing of the BAO on susceptibility to fast transient/burst, caused lightning ("multiple strokes" of the form 4) IGLA-MKU-4 / 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", 2015. – № 20 (1129). – С. 92-98. – Bibliogr.: 3. – ISSN 2079-0740.**

The construction and the attestation testing of the generator are described. The generator intended for testing of the on-board aircraft equipment on susceptibility to fast transient/burst, caused lightning, according to International standards DO-160G / ED-14G. The apparatus generates the mission profile of the form #4 test voltage on a five levels. Tests are conducted by method "Cable injection". In addition, in a generator possibility is foreseen of automatic creation of the voltages test pulses. It is such options: amount of proof-of-concept impulses (no less than 10) and intervals between them (5, 10, 20 and 60 s). The generator passed primary attestation with participation of the representatives from the State Metrology Service. The generator have a correspond certificate. The generator is entered exploitation and used for the tests of the on-board aircraft equipment immunity to the transients caused by lightning. Test realized by a method "frequent shots".

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