

Возрастание длительности спада аperiodического импульсного тока $i_n(t)$ может быть объяснено тем, что в разработанных генераторах ГБИТМ рационально используется энергия, накопленная в индуктивностях замыкателей нагрузки L_{31} и L_{32} .

2. Сравнение результатов расчета и эксперимента показывает, что полученные аналитические выражения можно применять для расчета АВП импульсных токов, формируемых ГБИТМ (рис. 2 и рис. 3) в RL- нагрузке.

Список литературы: 1. Кнопфель Г. Сверхсильные импульсные магнитные поля. – М.: Мир, 1972. – 391с. 2. Техника больших импульсных токов и магнитных полей / Под ред. В.С.Комелькова. – М: Атомиздат, 1970. – 472 с. 3. Глебов И.А., Рутберг Ф.Г. Мощные генераторы плазмы. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 152 с. 4. Патент України № 6279, МКІ НОЗКЗ/53. Генератор імпульсних струмів // Баранов М.І., Ігнатенко М.М., Колобовський А.К. – Опубл. Бюл. № 5, 16.05.2005. – 4 с. 5. Патент України №15714, МКІ НОЗКЗ/53. Генератор великих імпульсних струмів блискавки // Баранов М.І., Ігнатенко М.М. – Опубл. Бюл. № 7, 17.07.2006. – 4 с. 6. Баранов М.І., Ігнатенко Н.Н. Повышение энергетической эффективности разрядных цепей генераторов больших импульсных токов с мощными емкостными накопителями энергии // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Техніка та електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2005. № 49. – С. 3-14. 7. Межгосударственный ГОСТ 30585–98. Совместимость технических средств электромагнитная. Стойкость к воздействию грозовых разрядов. Технические требования и методы испытаний / Руководитель разработки В.И.Кравченко. – Киев: Госстандарт Украины, 1998. – 27 с.

Поступила к редколлегию 24.03.2009.

УДК 621.317.3

В.В.КНЯЗЕВ, канд.техн.наук, НТУ «ХПИ»;

Ю.С.НЕМЧЕНКО; НТУ «ХПИ»;

И.П.ЛЕСНОЙ; НТУ «ХПИ»;

С.Б.СОМХИЕВ, НТУ «ХПИ»;

Т.Н.ОСТРОВЕРХ, НТУ «ХПИ»

ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К ПЕРЕХОДНЫМ ПРОЦЕССАМ, ВЫЗВАННЫМ МОЛНИЕЙ («КАБЕЛЬНАЯ ИНЖЕКЦИЯ», форма 3)

Описано конструкцію та результати атестації генератора, призначеного для випробувань бортового авіаційного обладнання на сприйнятливість до перехідних процесів, викликаних блискавою, відповідно до вимог міжнародних стандартів. Генератор виробляє імпульси напруги та струму форми 3 з п'яти рівнів випробувань, випробування проводяться методом «кабельної інжекції».

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 by lightning, according to International standards are described. The apparatus generates the test voltage and current of the form 3 on five levels, tests are conducted by method of «Cable injection».

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 БАО, 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 «кабельной инъекции», при котором испытательные импульсы заданной формы и амплитуды индуцируются в проводниках МЛС при помощи инжектирующего 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 на рис. 1. В этой схеме конденсатор C_p , заряжаемый до определенного напряжения, разряжается с частотой 1 МГц через управляемый механический коммутатор К на первичную обмотку импульсного трансформатора ИТ-3 (инжектора), который и является основным элементом схемы. ИТ-3 состоит из 2-х одновитковых обмоток, охватывающих незамкнутый ферритовый сердечник. ИТ-3 является наиболее сложной и ответственной частью генератора. ИТ-3 состоит из 2-х блоков по 17 склеенных вместе П-образных ферритов. Оба блока при помощи продольного петельно-

го соединения могут как раскрываться, так и смыкаться с зазором 10 мм, образуя незамкнутую ферритовую трубу прямоугольной формы с габаритами 410 x 210 x 130 мм. Такая конструкция ИТ-3 при помещении в раскрытом состоянии внутрь его испытываемой МЛС и последующей стяжки сердечника позволяет с одной стороны снизить до минимума поля рассеивания ИТ-3 (примерно 90 % магнитной энергии остается внутри ИТ-3), а с другой стороны избежать насыщения ферритов при больших токах короткого замыкания испытываемой МЛС. Вторичная одновитковая обмотка МЛС, называемая контрольным витком КК, которая в соответствии с требованиями НД служит для измерения амплитудно-временных параметров (АВП) испытательных токов и напряжений при помощи внешних СИТ (шунта ШК-50 или шупа высоковольтного Р6015А 1000Х). Генератор ИГЛА-КИ-3 предназначен для проведения испытаний «кабельной инжекцией» БАО в полном объеме с требованиями НД [1] испытательными импульсами напряжения и тока формы «3» обеих полярностей по пяти уровням испытаний. В таблице приведены требования к форме и АВП испытательных импульсов напряжения и тока, которые с учетом допусков в полном объеме реализованы в генераторе ИГЛА-КИ-3.

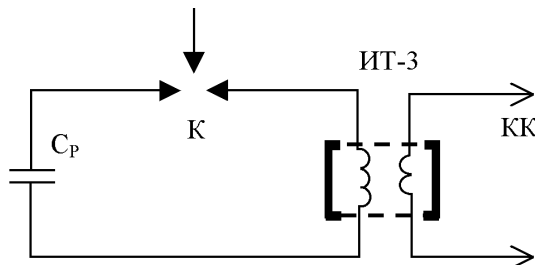


Рисунок 1 – Схема формирования импульсов напряжения и тока



Рисунок 2 – Общий вид генератора ИГЛА-КИ-3 с ИТ-3

Генератор ИГЛА-КИ-3 представляет собой высоковольтную электро-разрядную установку с программируемым таймером-коммутатором, которая генерирует однократные испытательные импульсы напряжений и тока положительной и отрицательной полярности по пяти уровням испытаний.

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

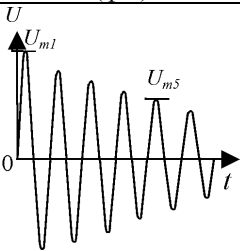
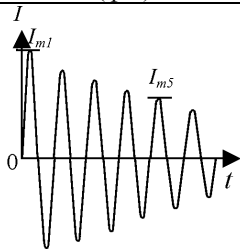
Параметр	Напряжение $U_{исп}$ (ф.3)	Ток $I_{пред}$ (ф.3)
1. Испытательный комплект (Примечание 1)		
2. Уровни испытаний: – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (Примечание 2)	(100 + 10) В (250 + 25) В (600 + 60) В (1500 + 150) В (3200 + 320) В	≤ 20 А ≤ 50 А ≤ 120 А ≤ 300 А ≤ 640 А
3. Частота колебаний, МГц	1 ± 0,2	1 ± 0,2
4. Степень затухания, ∂	$U_{m5} = (0,25 \div 0,75) U_{m1}$	$I_{m5} = (0,25 \div 0,75) I_{m1}$
Примечание 1. Для каждого испытательного комплекта $U_{исп}$ представляет собой уровень испытательного напряжения в Вольтах и $I_{пред}$ представляет собой предельный уровень тока в Амперах. Примечание 2. Допустимые отклонения амплитуды + 10 % - 0 %. Примечание 3. Импульсы напряжения и тока могут не совпадать по фазе.		



Рисунок 3 – Передняя панель генератора ИГЛА-КИ-3

Генератор ИГЛА-КИ-3 собран в металлическом корпусе с габаритами 480 x 480 x 175 мм. На передней панели ИГЛА-КИ-3, рис. 3, расположены следующие органы управления и контроля:

- клавиша СЕТЬ с подсветкой служит для подачи напряжения питания 220 В 50 Гц на генератор ИГЛА-КИ-3 и для его отключения после окончания работы;
- разъем ~ 220 В служит для подключения к генератору ИГЛА-КИ-3 сетевого кабеля;
- «ЗА»– предохранители;
- переключатель ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ служит для установления уровня испытательного напряжения генератора ИГЛА-КИ-3 и имеет пять положений: «1», «2», «3», «4», «5»;
- ручка РЕГУЛИРОВКА $U_{зар}$ служит для установки зарядного напряжения генератора ИГЛА-КИ-3 на красные риски на микроамперметре;
- ТАБЛЮ ПТК служит для отображения параметров циклограммы работы генератора ИГЛА-КИ-3;
- кнопка СТАРТ/СТОП служит для запуска и остановки генератора ИГЛА-КИ-3;
- кнопки «↑» и «↓» КОЛ. ИМП. служат для изменения количества испытательных импульсов;
- кнопки «↑» и «↓» ИНТЕРВ. служат для изменения интервала между испытательными импульсами;
- световой индикатор РАЗРЯД слева от ТАБЛЮ ПТК служит для контроля срабатывания генератора ИГЛА-КИ-3.

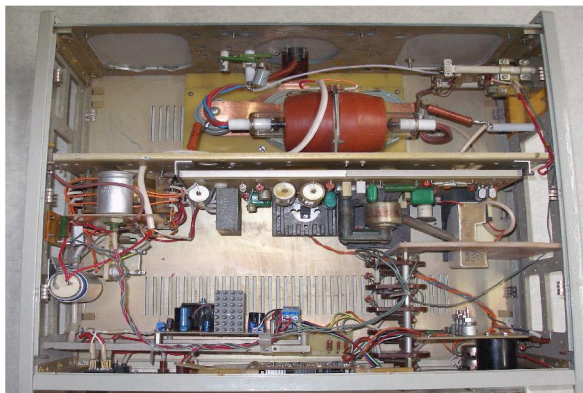


Рисунок 4 – Расположение элементов внутри корпуса генератора ИГЛА-КИ-3

На задней панели генератора ИГЛА-КИ-3 расположены следующие органы управления и контроля:

- разъем ВЫХОД служит для подключения генератора ИГЛА-КИ-3 к

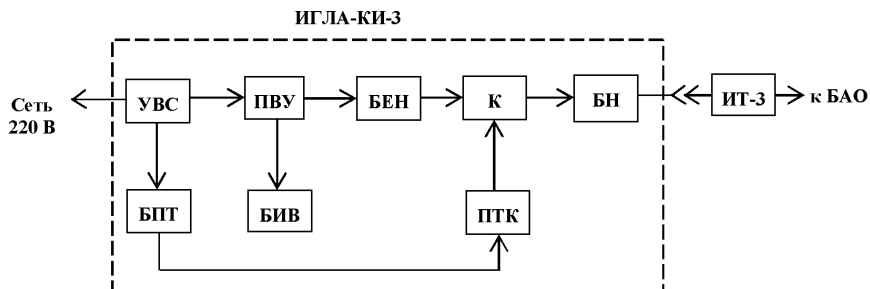
ИТ-3 при помощи соединительного кабеля КС-ИТ-3;

- клемма \perp служит для подключения генератора ИГЛА-КИ-3 к контуру заземления.

Расположение элементов внутри корпуса генератора ИГЛА-КИ-3 приведено на рис. 4.

Блок-схема генератора ИГЛА-КИ-3 приведена на рис. 5.

На рис. 6-7 приведены осциллограммы выходных импульсов напряжения и тока формы «З» положительной и отрицательной полярностей для 5 уровня испытаний.



- УВС – узел ввода сетевого напряжения;
- ПВУ – повысительно-выпрямительное устройство;
- БЕН – блок емкостных накопителей;
- БК – блок коммутаторов;
- БН – блок нагрузок;
- ПТК – программируемый таймер-коммутатор;
- БПТ – блок питания ПТК;
- БИВ – блок измерения входного напряжения;
- ИТ-3 – инжектирующий трансформатор;
- БАО – бортовое авиационное оборудование

Рисунок 5 – Блок-схема генератора ИГЛА-КИ-3

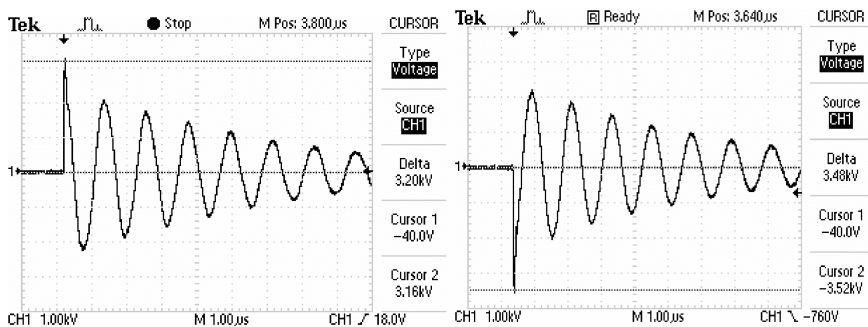


Рисунок 6 – Типовые осциллограммы испытательного напряжения 5 уровня формы «З» положительной и отрицательной полярностей

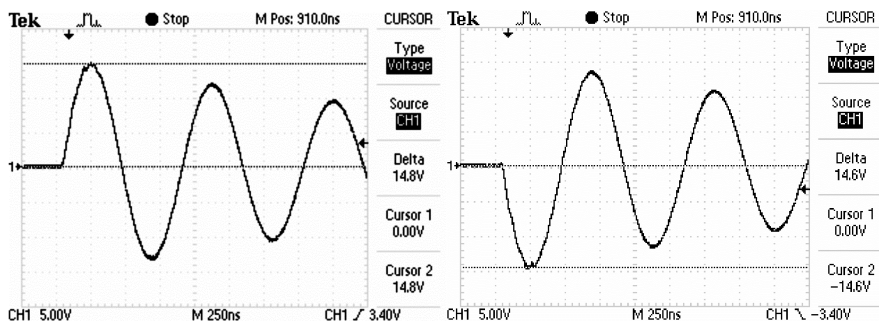
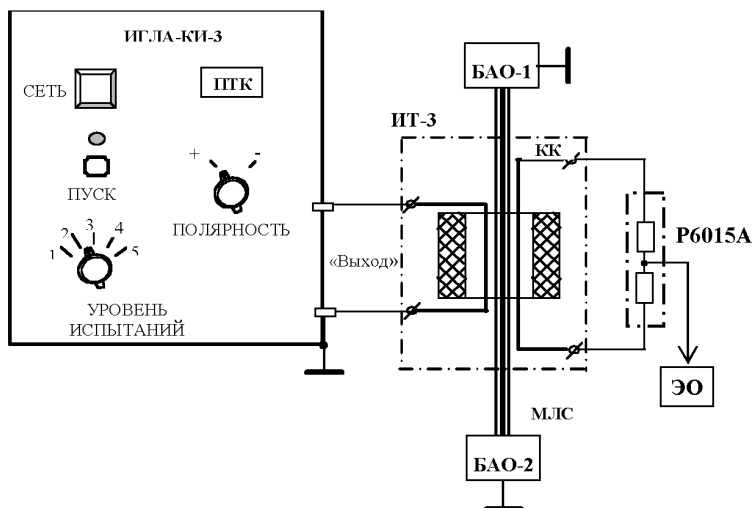


Рисунок 7 – Типовые осциллограммы испытательного тока 5 уровня формы «3» положительной и отрицательной полярностей

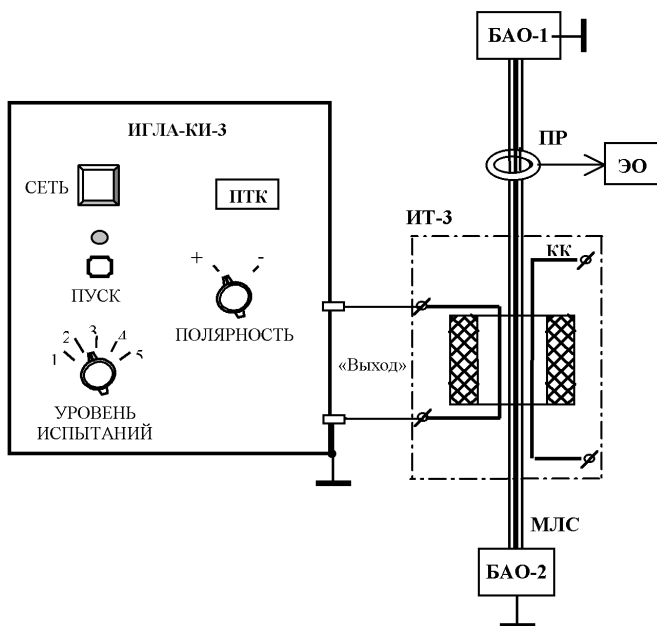
Схемы испытаний БАО с неэкранированными и экранированными МЛС приведены на рис. 8-9.



- Г-ИГЛА-3 – испытательный генератор;
- P6015A – щуп высоковольтный P6015A 1000X;
- ЭО – осциллограф ТЕКТРОНИХ TDS 1012;
- МЛС – межблочные линии связи;
- БАО-1, БАО-2 – испытываемое оборудование

Рисунок 8 – Схема испытаний БАО с неэкранированными МЛС

Выводы: Генератор ИГЛА-КИ-3 успешно прошел опытную эксплуатацию в НИО-2 НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» при проведении испытаний БАО методом «кабельной инжекции» на восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией.



ИГЛА-КИ-3 – испытательный генератор;
 ПР – пояс Роговского ПР-3;
 ИТ-3 – инжектирующий трансформатор;
 КК – калибровочный контур;
 ЭО – осциллограф ТЕКТРОНИХ TDS1012;
 МЛС – межблочная линия связи;
 БАО-1, БАО-2 – испытываемое оборудование

Рисунок 9 – Схема испытаний БАО с экранированными МЛС

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. Князев В.В., Кравченко В.И., Лесной И.П., Немченко Ю.С., Сомхивев С.Б. Установка для испытаний бортового оборудования самолетов и вертолетов на молниестойкость типа УИМ // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Випуск 3(9). – Харків, 2006. – С.43-45. 3. Князев В.В., Немченко Ю.С., Лесной И.П., Лантушко Б.Н., Дорошенко А.В. Установка для испытаний технических средств на молниестойкость // Вестник НТУ «ХПИ» «Техника и электрофизика высоких напряжений». – Випуск № 17. – Харьков, 2006. – С. 3-9.

Поступила в редколлегию 03.04.2009.