

Ю. С. НЕМЧЕНКО, гл. метролог, НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;
С. Б. СОМХИЕВ, вед. инженер, НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;
И.А. ПОСТЕЛЬНИК, студент НТУ «ХПИ»

АППАРАТУРА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЦИФРОВЫМИ СХЕМАМИ НА СТОЙКОСТЬ К ПРОВАЛАМ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Представлено идеологию построения, конструкцию и результаты аттестации генератора ГПП-А, предназначенного для испытаний бортового авиационного оборудования (БАО) на невосприимчивость к провалам напряжения электропитания БАО с цифровыми схемами. Генератор создает циклограммы 12 видов провалов, которые полностью воспроизводят все амплитудно-временные требования к этому виду испытаний, которые регламентирует стандарт КТ-160 D.

Ключевые слова: испытания, бортовое оборудование, восприимчивость, провалы напряжения, генератор

В настоящее время в соответствии с указаниями Международного авиационного комитета (МАК) проводятся обязательные испытания бортового авиационного оборудования (БАО) гражданских самолетов и вертолетов на электромагнитную совместимость (ЭМС) по нормативному документу (НД) КТ-160 D [1]. Среди многих видов испытаний БАО на ЭМС одним из наиболее объемных видов испытаний являются испытания на динамические изменения напряжения электропитания (ДИН) на борту летального аппарата. ДИН – это выбросы, провалы и кратковременные прерывания напряжения электропитания. Параметры ДИН регламентируются разделом 16 КТ-160D. Установлены ДИН стандартной формы (в виде прямоугольника) и ДИН нестандартной формы (треугольные, трапециидальные или др.). Одним из видов нестандартных ДИН являются ДИН для БАО с цифровыми схемами, которые регламентируются п. 16.5.2.3 (раздел 16). Этот пункт устанавливает форму (рис. 1) и нормируемые точностные характеристики (НТХ) 15 видов провалов напряжения электропитания постоянного тока 27 В соответствии с табл. 1. К НТХ относятся глубина провала Δn , ширина провала T_1 , время спада T_2 , и время нарастания T_3 .

По табл. 1 БАО имеет 3 категории применения (А, В и Z), которые устанавливают сложность электромагнитной обстановки в месте расположения БАО. Как видно из этой таблицы категория В наиболее «мягкая», а категория Z – наиболее «тяжелая». Отсюда следует и разное количество наборов этих провалов (КПЦС), и НТХ различных параметров.

Для отличия КПЦС по табл. 1 друг от друга введено их обозначение

КПЦС- n , где n – номер колонки по табл. 1.

Режим генерирования КПЦС-1 воспроизводится в генераторе ПТК-ПТ, а режимы КПЦС-8 и КПЦС-15 – в генераторе ГПНП, которые были изготовлены и аттестованы ранее.

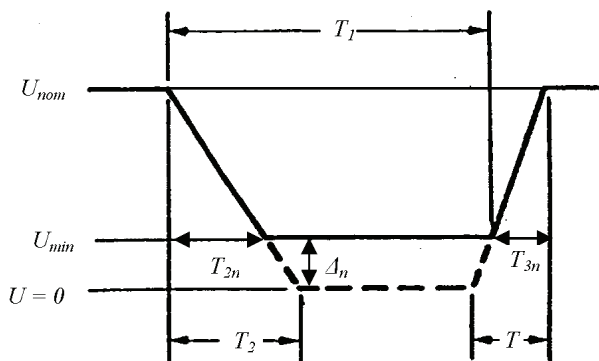


Рисунок 1 – Форма провалов напряжения для БАО с цифровыми схемами (КПЦС)

Таблица 1 – Нормируемые точностные характеристики БАО

Категория БАО	А, В и Z				А и Z				А, В и Z			А и Z			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Номер условия испытаний, n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T_1 (мс)	2	10	25	50	75	100	200	1000	10	25	50	75	100	200	1000
T_2 (мс)	<1	20	20	20	20	20	20	20	50	50	50	50	50	50	50
T_3 (мс)	<1	5	5	5	5	5	5	5	20	20	20	20	20	20	20
% от U_{nom} (U_{min}), Δ_n , %	0	50	15	10	5	0	0	0	80	50	0	15	5	0	0

Режимы генерирования испытательных провалов напряжения вида КПЦС-2 – КПЦС-7 и КПЦС-9 – КПЦС-14 потребовали нового испытательного прибора, получившего название ГПНП-А с синтезатором провалов СПЦС-А.

Испытательный прибор ГПНП-А, блок-схема которого представлена на рис. 2, представляет собой стабилизированный автономный источник питания ($27 \pm 0,5$) В, который через управляемый электронный коммутатор подключается к БАО. Управляется этот коммутатор от задающих генераторов блок ГПНП или СПЦС-А., которые переключаются тумблером РЕЖИМ.

Основным элементом блока СПЦС-А является формирователь цифровых сигналов (ФЦС) – рис. 3.

В этом блоке в качестве синтезатора сигналов используется DDS генера-

тор (генератор с прямым цифровым синтезом формы сигнала) на микроконтроллере ATmega16 фирмы Atmel. Кроме синтеза сигнала провалов различной формы и длительности, реализуется возможность выбора режимов провалов, и отображение текущего режима на дисплее.

DDS сигнал формируется микроконтроллером. Для преобразования цифрового сигнала в аналоговый используется цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) – R 2R. Свое название он получил из-за номиналов применяемых в нем резисторов с сопротивлениями R и $2 \cdot R$ (рис. 4).

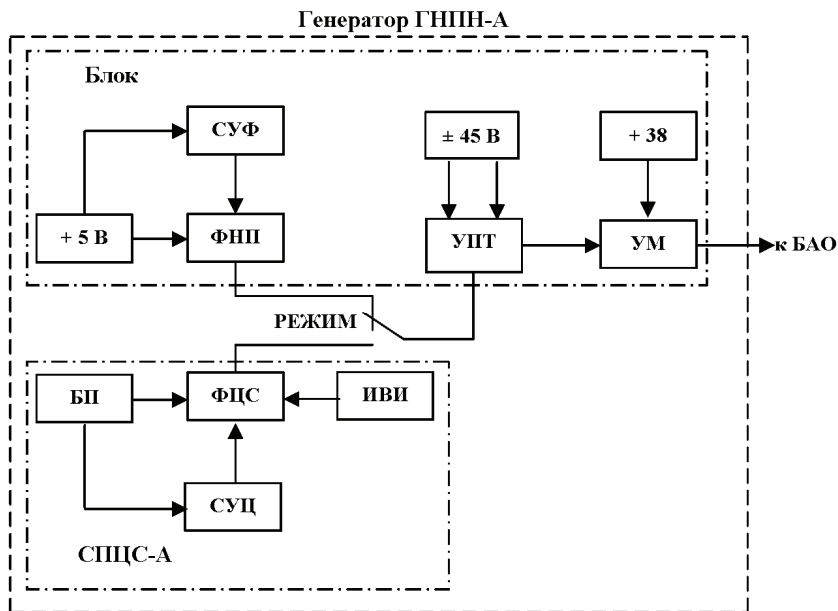


Рисунок 2 – Структурная схема генератора ГНПП-А:

- ГНПП-А – генератор ГНПП-А;
- ФНП – формирователь нестандартных провалов;
- СУФ – система управления ФНП;
- СПЦС-А – синтезатор провалов;
- ФЦС – формирователь цифровых сигналов;
- СУЦ – система управления ФЦС;
- БП – блок питания ФЦС;
- ИВИ – индикация видов испытаний ФЦС;
- УПТ – усилитель постоянного тока
- УМ – усилитель мощности

Принцип работы ЦАП таков, что каждый вход ЦАП имеет свой «вес». Входы расположены в порядке уменьшения веса слева направо. Т.е. левый вход оказывает самое большое влияние на выходной сигнал следующий за

ним вдвое меньше и т.д. Самый последний (правый) вход изменяет выходной сигнал на $\frac{U_{пит}}{2^n}$. Рассчитать напряжение на выходе ЦАП можно по формуле (1).

$$U_{вых} = U_{пит} \times \left(x_1 \times \frac{1}{2^1} + x_2 \times \frac{1}{2^2} + x_3 \times \frac{1}{2^3} + \dots + x_n \times \frac{1}{2^n} \right), \quad (1)$$

где $U_{пит}$ – напряжение питания [В], n – разрядность шины ЦАП, x – значение n -го разряда.

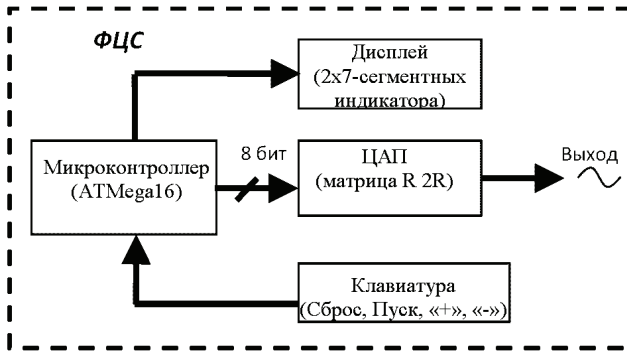


Рисунок 3 – Блок-схема ФЦС

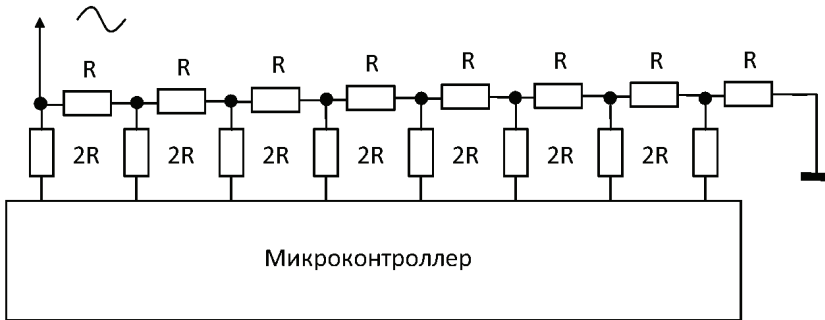


Рисунок 4 – Схема функциональная ЦАП - R 2R

Предположим, что на входе у нас число 10010101, тогда выходное напряжение:

$$U_{вых} = 5 \times \left(1 \times \frac{1}{2^1} + 0 \times \frac{1}{2^2} + 0 \times \frac{1}{2^3} + 1 \times \frac{1}{2^4} + 0 \times \frac{1}{2^5} + 1 \times \frac{1}{2^6} + 0 \times \frac{1}{2^7} + 1 \times \frac{1}{2^8} \right) = 2,91 \text{ В.}$$

При этом работает вся конструкция очень быстро. Частота сигнала ограничена только паразитными емкостями между элементами и производительностью микроконтроллера. С помощью данного генератора возможно синтезировать сигналы любой формы.

Программа написана на языке Си, для компиляции и отладки использовалась программа AVRStudio 4, фирмы Atmel. Алгоритм работы программы изображен на рис. 5.

Для управления ФЦС, то есть установления необходимых дискретных режимов работы ФЦС, служит система управления ФЦС (СУЦ).

Для индикации видов провалов по табл.1 служит плата ИВИ.

Сигнал с выхода ФЦС хотя и имеет требуемую временную форму, однако недостаточен по амплитуде (необходимая величина выходного напряжения должна быть 27 В). Поэтому на выходе ФЦС включен усилитель постоянного тока (УПТ) и усилитель мощности УМ, который усиливает сигналы с ФЦС до требуемой величины.

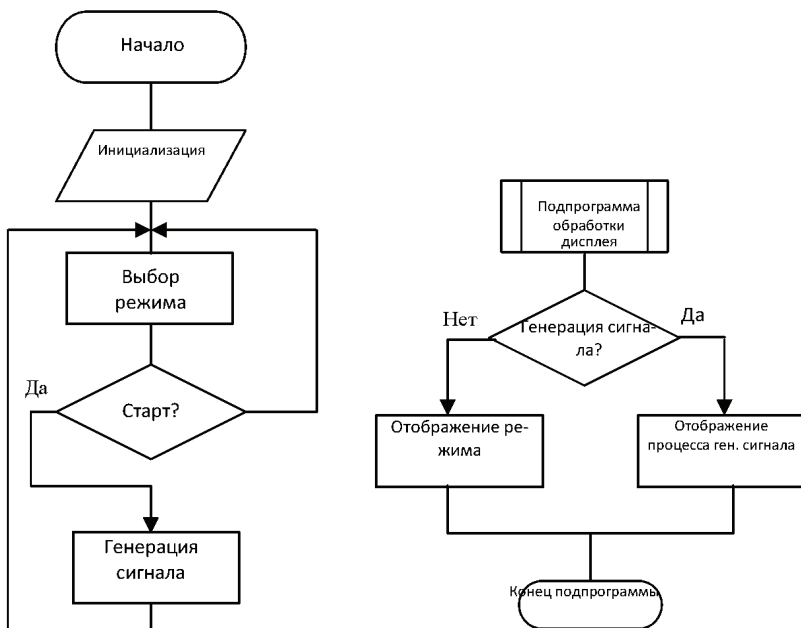


Рисунок 5 – Алгоритм работы программы СПЦС-А

Питание электронных узлов СПЦС-А осуществляется от блока питания типа АМ-0751500V со стабилизатором напряжения + 5 В на плате 13.

Блок СПЦС-А собран в металлическом корпусе с габаритами 325x210x50 мм (рис.6).

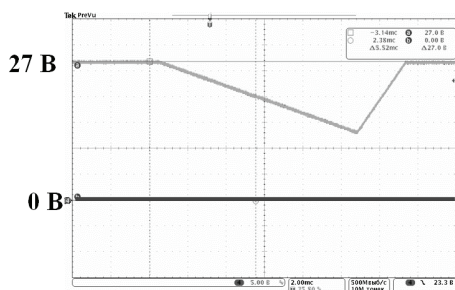
Генератор ГПНП-А, внешний вид которого приведен на рис. 7, был аттестован в установленном порядке и введен в эксплуатацию в 2012 году. На рисунке 8 приведены осциллограммы на выходе генератора ГПНП-А с блоком СПЦС-А, полученные при его аттестации.



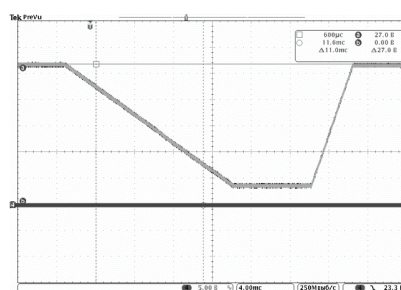
Рисунок 6 – Общий вид синтезатора провалов СПЦС-А



Рисунок 7 – Внешний вид генератора ГПНП-А с блоком СПЦС-А

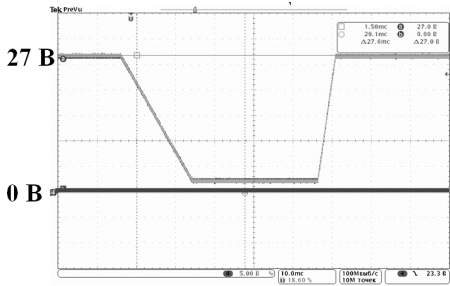


Режим КПЦС-2

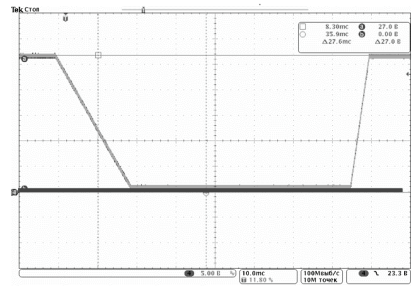


Режим КПЦС-3

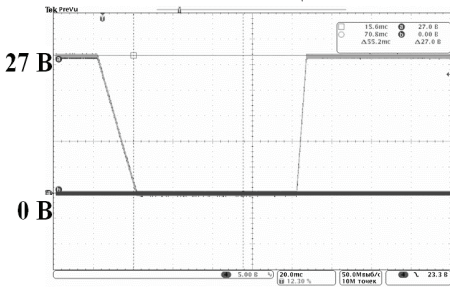
Рисунок 8 – Типовые осциллограммы провалов напряжения видов КПЦС-2 – КПЦС-7 и КПЦС-9 - КПЦС-14



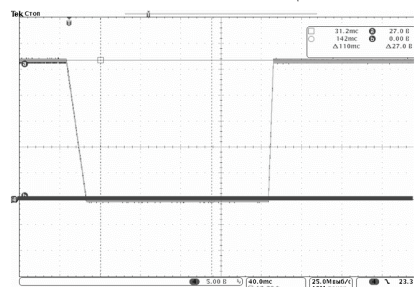
Режим КПЦС-4



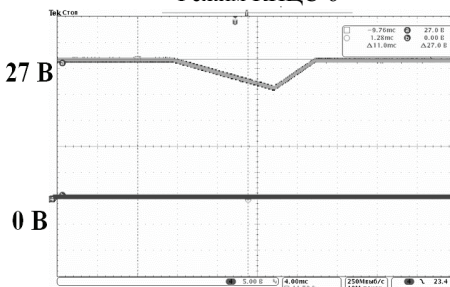
Режим КПЦС-5



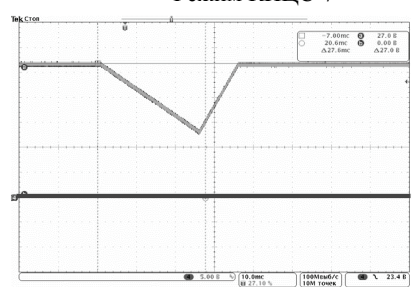
Режим КПЦС-6



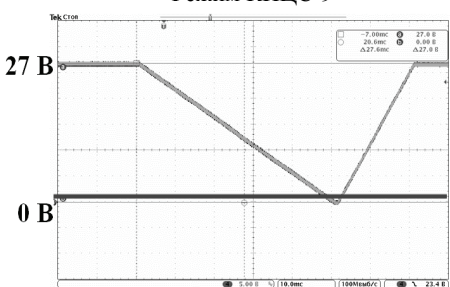
Режим КПЦС-7



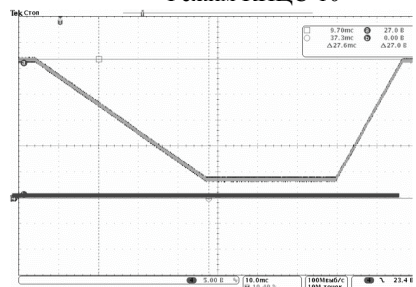
Режим КПЦС-9



Режим КПЦС-10



Режим КПЦС-11



Режим КПЦС-12

Продолжение рисунка 8



Методика испытаний БАО на КПЦС заключается в подаче на БАО двух последовательно следующих друг за другом провалов одной формы с интервалом 1 с (рис. 9).

При подаче сетевого напряжения на ГПП-А на БАО поступает постоянное напряжение ($27 \pm 0,5$) В на время, необходимое для выведения БАО в установившийся режим и проверки его работоспособности.

Дополнительной сервисной услугой является осциллографирование напряжения на входе БАО, которое отражает реакцию БАО на КПЦС.

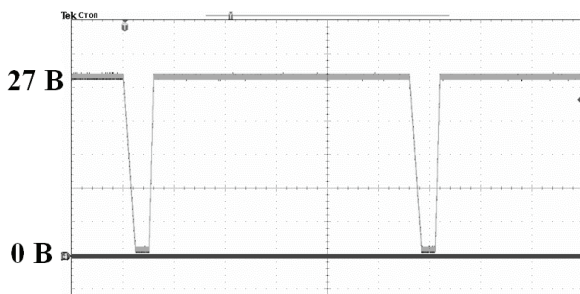


Рисунок 9 – Циклограмма испытательного напряжения вида КПЦС

Список литературы: 1. КТ-160D Квалификационные требования. Условия эксплуатации и окружающей среды для бортового авиационного оборудования. (Внешние воздействующие факторы – ВВФ). Требования, нормы и методы испытаний. Раздел 16.0 Электропитание.

Поступила в редколлегию 30.03.2013

УДК 621.317.3

Аппаратура для испытаний бортового авиационного оборудования с цифровыми схемами на стойкость к провалам напряжения электропитания / Ю. С. Немченко, С. Б. Сомхиев, И. А. Постельник // Вісник НТУ «ХП». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХП», 2013. – № 27 (1000). – С. 111-119. – Бібліогр.: 1 назв.

Описано ідеологію побудови, конструкцію та результати атестації генератора ГПП-А, призначеного для випробувань бортового авіаційного обладнання (БАО) на несприйнятливості до про-

валів напруги електроживлення БАО з цифровими схемами. Генератор виробляє циклограми 12 видів провалів, які повністю відтворюють усі амплітудно-часові вимоги до цього виду випробувань за КТ-160D.

Ключові слова: випробування, бортове обладнання, несприйнятливість, провали напруги, генератор

The ideology of creation, construction and the testing of generator of GPNP-A, intended for testing of the on-board aircraft equipment (BAE) on immunity to the dips of voltage of power supply of BAE with digital charts, are described. The apparatus generates 12 types of dips, which fully recreate all amplitude-time requirements to this type of tests by KT-160D.

Keywords: test, board equipment, immunity, voltage dips, generator.