

ИССЛЕДОВАНИЯ СТОЙКОСТИ МОДУЛЕЙ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СЕРИИ «МИРАЖ» К ВОЗДЕЙСТВИЮ СПЕЦФАКТОРОВ

В.Ф. Герасимов, Д.С. Лось, В.М. Олухов, И.Р. Плоткин, С.Л.Затулов

ООО «Александр Электрик источники электропитания»,
ФГУП 22 ЦНИИ МО РФ, ФГУП НИИП

Представлены результаты экспериментальных исследований стойкости модулей электропитания серии «Мираж» к воздействию спецфакторов

Низкопрофильные модули электропитания класса DC/DC серии «Мираж» МДМ7,5 ... МДМ120 БКЮС.430609.001-01ТУ мощностью 7,5 ... 120 Вт предназначены для питания стабилизированным напряжением аналоговой и цифровой аппаратуры и являются перспективными изделиями, обладающими всеми качествами, необходимыми для работы в условиях эксплуатации изделий специального назначения.

Модули данной серии характеризуются большим временем средней наработки на отказ (100000 часов при температуре корпуса +70°C). Для снижения уровня высокочастотных помех они оснащены встроенными входными и выходными помехоподавляющими фильтрами, а также внутренними экранами. Модули выполнены по схеме однотактного преобразователя постоянного напряжения с гальванической развязкой между входом и выходом и отличаются, в основном, номенклатурой полупроводниковых приборов, используемых в выходных каскадах. Двухканальные модули МДМ7,5-2, МДМ15-2 и МДМ30-2 обеспечивают два одинаковых напряжения на выходе со средней точкой. Модули имеют защиту от короткого замыкания на выходе с автоматическим возвратом в рабочий режим при устранении перегрузки, защиту от превышения выходного напряжения более чем на 20% от номинального значения и возможность дистанционного управления включением маломощным логическим сигналом.

Возможность применения модулей в аппаратуре изделий специального назначения, в том числе космических аппаратов (КА) с длительными сроками активного существования, в условиях воздействия спецфакторов оценивалась

путем проведения определительных испытаний. Испытаниям подвергались модули МДМ7,5-1В3,3М (7,5В_т, 3,3В), МДМ7,5-1В09М (7,5В_т, 9В), МДМ15-1В05М (15В_т, 5В), МДМ30-1В05М (30В_т, 5В) и МДМ120-1В24М (120В_т, 24В) на воздействие спецфакторов 7.И и 7.С с характеристиками 7.И₁, 7.И₆ и 7.С₄. Испытания проводились по действующей нормативной документации на установках №№ 5, 200 и 40 ФГУП НИИП. По результатам испытаний оценивалось соответствие модулей требованиям БКЮС.430609.001-01ТУ.

Испытания на воздействие спецфакторов 7.И и 7.С с характеристиками 7.И₁ и 7.С₄ проводились с целью оценки фактической стойкости модулей по необратимым изменениям параметров, вызываемых структурными дефектами и (или) ионизационными дозовыми эффектами. Одна выборка испытываемых модулей подвергалась воздействию факторов 7.И с характеристикой 7.И₁ на установке № 40, а другая – воздействию факторов 7.С с характеристикой 7.С₄ на установке № 200.

Испытания на воздействие спецфакторов 7.И с характеристикой 7.И₆ проводились на установке № 5 на отдельной выборке. Целью испытаний являлось: установление уровня бессбойной работы (УБР – характеристика 7.И₈), проверка на отсутствие катастрофических отказов и определение времени потери работоспособности (ВПР) модулей при максимально достижимых на установке №5 уровнях воздействия факторов 7.И с характеристикой 7.И₆.

Проверка сохранения работоспособности модулей, прошедших полный цикл испытаний на воздействие спецфакторов 7.И и 7.С со значениями характеристик, соответствующими требованиям спецстойкости БКЮС.430609.001-01ТУ, при действии механических нагрузок и температуры среды осуществлялась на отдельной выборке модулей типа МДМ15-1В12М. После воздействия спецфакторов эти модули испытывались на воздействие одиночных ударов ($N = 10$, пиковое ударное ускорение – 1470 м/с^2 , $\tau_{и} = 5 \dots 10 \text{ мс}$), а также повышенной ($+85^\circ\text{C}$) и пониженной (-60°C) температуры окружающей среды (время выдержки в камере тепла и холода – 30 мин.).

Испытания проводились на ударном стенде УУЭ-2/200 и в климатической камере КТЦ-0,0025.

Перечень параметров модулей, контролируемых до, в процессе и после воздействия спецфакторов и нормы на них приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование контролируемых параметров, обозначение, единица измерений	Норма до и после воздействия	Нормы на параметры		
		До воздействия	В процессе воздействия	После воздействия
Изменение выходного напряжения, не более, $\Delta U_{\text{вых}}, \%$	МДМ серии «Мираж»	-	± 4	
Выходное напряжение, $U_{\text{вых}}, \text{В}$	МДМ7,5-1В3,3М МДМ7,5-1В09М МДМ15-1В05М МДМ30-1В05М МДМ120-1В24М	2,86 ... 3,43 8,64 ... 9,36 4,8 ... 5,2 4,8 ... 5,2 23,04 ... 24,96		
Ток потребления, не более, $I_{\text{пот}}, \text{А}$	МДМ7,5-1В3,3М МДМ7,5-1В09М МДМ15-1В05М МДМ30-1В05М МДМ120-1В24М	0,63 0,63 1,26 2,52 10,1		
Двойная амплитуда пульсаций выходного напряжения, не более, $U_{\text{пуль}}, \%$	МДМ7,5-1В3,3М МДМ7,5-1В09М МДМ15-1В05М МДМ30-1В05М МДМ120-1В24М	2	-	2

Стойкость модулей к воздействию спецфакторов 7.К с характеристиками 7.К₁ и 7.К₄ оценивалась методами РДВ 319.03.31-99 по результатам их испытаний на воздействие спецфакторов 7.И и 7.С с характеристиками 7.И₁ и 7.С₄. Оценки осуществлялись с учетом ослабления спецфакторов 7.К корпусом модуля.

Испытания модулей на воздействие фактора с характеристикой 7.И₆ установки № 5 показали следующее. Стойкость модулей по критерию полных (катастрофических) отказов в процессе и после воздействия спецфакторов 7.И с характеристикой 7.И₆ не ниже $1,3 \cdot 2U_c$. При этом значения тока потребления и величины пульсаций выходного напряжения, контролируемые до и после

воздействия, не выходят за нормы ТУ. Наиболее чувствительным к воздействию спецфакторов 7.И с характеристикой 7.И6 параметром модулей является выходное напряжение. Уровень бессбойной работы модулей по параметру $U_{\text{ВЫХ}}$ не ниже $0,004 \cdot 2U_c$. Максимальное время потери работоспособности модулей не превысило 0,6 мс. Осциллограммы изменения выходного напряжения модулей серии «Мираж» в процессе воздействия фактора с характеристикой 7.И6 установки № 5 приведены на рисунке 1.

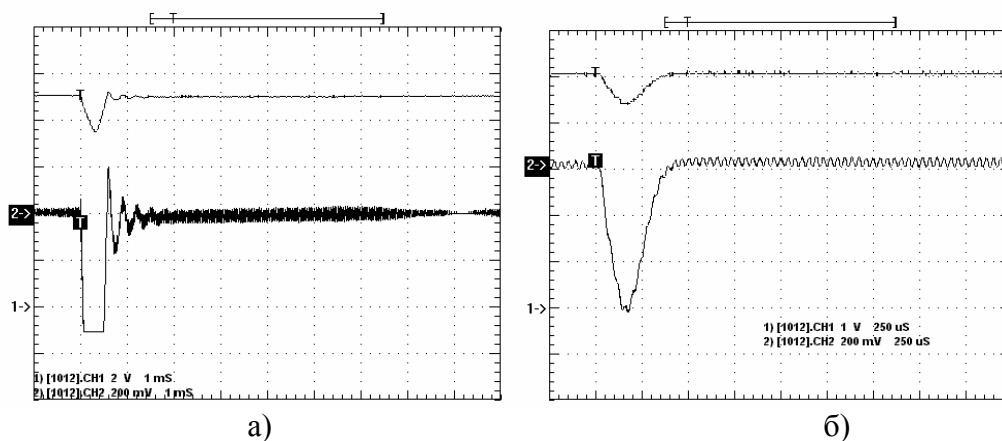


Рисунок 1 - Осциллограммы изменения выходного напряжения модулей электропитания серии «Мираж» в процессе воздействия фактора с характеристикой 7И6 установки № 5:

- а) МДМ7,5-1В09М - $7И_6 = 5,0 \cdot 1U_c$, $I_{\text{нагр}} = 0,41 \text{ А}$;
- б) МДМ15-1В05М - $7И_6 = 1,7 \cdot 1U_c$, $I_{\text{нагр}} = 1,5 \text{ А}$.

При воздействии фактора с характеристикой 7.С4 установки № 200 до уровня $1,2 \cdot 1U_c$ изменения параметров-критериев годности ($U_{\text{ВЫХ}}$, $I_{\text{нагр}}$, $I_{\text{пот}}$, $U_{\text{пул}}$) не выходят за нормы ТУ. Более высокие уровни воздействия фактора с характеристикой 7.С4 приводят к возникновению в модулях ряда бросков тока потребления амплитудой (2 – 10) А и длительностью 15 – 20 сек с последующим восстановлением исходного значения тока потребления. Минимальный уровень воздействия спецфакторов 7.С с характеристикой 7.С4 по критерию полных (катастрофических) отказов составляет $1U_c$.

Испытания модулей на воздействие фактора с характеристикой 7.И1 установки № 40 показали, что стойкость модулей к воздействию спецфакторов 7.И с характеристикой 7.И1 не ниже $1U_c$. Минимальный уровень воздействия фактора с характеристикой 7.И1 по критерию полных (катастрофических) отказов составляет $1,9 \cdot 3U_c$. Максимальное значение времени потери

работоспособности модулей при воздействии спецфакторов 7.И с характеристикой 7.И1 по параметру $U_{\text{вых}}$ не более 1,0 мс. Осциллограммы изменения выходного напряжения модулей серии «Мираж» в процессе и после воздействия фактора с характеристикой 7.И1 установки № 40 представлены на рисунке 2.

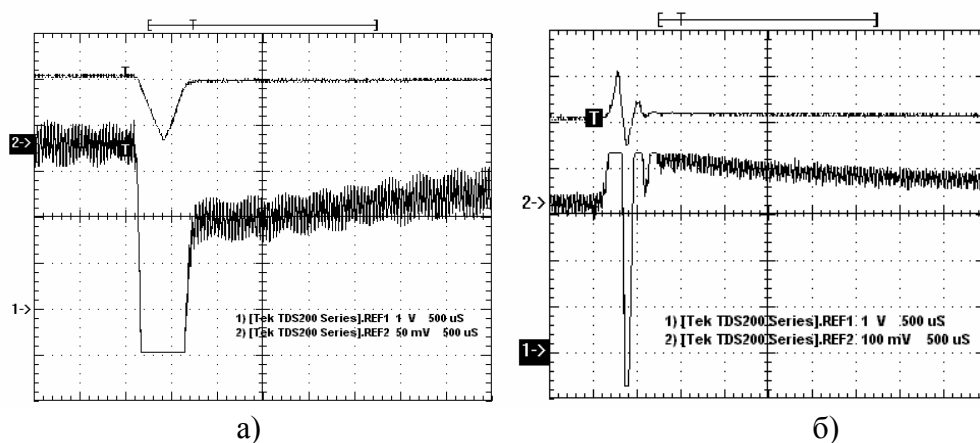


Рисунок 2 - Осциллограммы изменения выходного напряжения модулей электропитания серии «Мираж» в процессе воздействия фактора 7И₁ установки № 40:

а) МДМ15-1В05М - $7И_1 = 3,3 \cdot 1U_c$, $I_{\text{нагр}} = 1,51 \text{ А}$;

б) МДМ30-1В05М - $7И_1 = 8,6 \cdot 1U_c$, $I_{\text{нагр}} = 3,06 \text{ А}$.

Пересчет методами РДВ 319.03.31-99 полученных экспериментально уровней стойкости модулей к воздействию спецфакторов 7.И и 7.С с характеристиками 7.И₁ и 7.С₄ в эквивалентные уровни воздействия факторов 7.К с характеристиками 7.К₁ и 7.К₄ с учетом ослабления корпусами изделий показал о возможности эксплуатации модулей на геостационарной орбите за защитой не менее $0,5 \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$ в течение 10 летнего срока существования космического аппарата или эксплуатации на любой другой орбите за защитой не менее $3,0 \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$ в течение 5 летнего срока существования КА.

Значения параметров-критериев годности модулей МДМ15-1В12М после воздействия фактора установки № 40 со значением характеристики 7И₁ порядка $2,0 \cdot 1U_c$, фактора установки № 5 со значением характеристики 7И₆ = $(3,0-3,6) \cdot 2U_c$ и фактора установки № 200 со значением характеристики 7С₄ = $(2,0-4,0) \cdot 1U_c$ при температуре окружающей среды $+17^\circ\text{C}$ находились в диапазоне:

$I_{\text{пот}} = (0,62-0,63) \text{ A}$, $U_{\text{вых}} = (11,91-11,92) \text{ В}$, $I_{\text{нагр}} = 1,21 \text{ A}$, $U_{\text{пул}} = (17,0-25,0) \text{ мВ}$.

после механической нагрузки при крайних значениях рабочего диапазона температур:

при $-60 \text{ }^\circ\text{C}$ - $I_{\text{пот}} = (0,58-0,6) \text{ A}$, $U_{\text{вых}} = (11,84-11,89) \text{ В}$, $I_{\text{нагр}} = (1,21-1,23) \text{ A}$,
 $U_{\text{пул}} = 17,0-30,0 \text{ мВ}$;

при $+85 \text{ }^\circ\text{C}$ - $I_{\text{пот}} = (0,62-0,64) \text{ A}$, $U_{\text{вых}} = (11,94-11,95) \text{ В}$, $I_{\text{нагр}} = (1,18-1,2) \text{ A}$,
 $U_{\text{пул}} = (35,0-55,0 \text{ мВ})$.

Суммарная температурная нестабильность выходного напряжения не превышала 1,5%.

Результаты испытаний свидетельствуют о соответствии модулей серии «Мираж» требованиям спецстойкости БКЮС.430609.001-01ТУ.