

УДК 629.7.01

О.Г. Петрук, О.Є.Зенович, С.Ю. Маренич

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ДОВГОТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА СТАН ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

*Проведено аналіз впливу факторів довготривалої експлуатації на стан та характеристики статичних перетворювачів для підвищення безпеки польоту.*

**Ключові слова:** статичні перетворювачі, система електропостачання, математична модель.

### Вступ

**Постановка завдання у загальному вигляді та його зв'язок із практичними заходами.** Сучасні Повітряні Сили оснащені потужними, високоефективними літальними апаратами, що дозволяє вирішувати широке коло складних бойових задач. Це обумовлює необхідність неперервного вдосконалення, як самих ЛА, так і бортового обладнання, в першу чергу електроенергетичного. При цьому виникає зростання числа і потужності бортових джерел, перетворювачів, регуляторів і споживачів електричної енергії, постійно підвищуються вимоги до надійності електропостачання літального апарату енергією високої якості постійного і змінного струму. Якість і надійність систем електропостачання значною мірою впливає на безпеку польотів і виконання польотного завдання.

Бортова система електропостачання літальних апаратів (бортова СЕП ЛА) – система електропостачання, призначена для забезпечення бортового електрообладнання літального апарату електроенергією необхідної якості. Системою електропостачання прийнято називати сукупність пристроїв для виробництва і розподілу електроенергії.

У системі електропостачання статичні перетворювачі використовуються для перетворення одного виду струму в інший і як автономні або аварійні джерела живлення окремих груп обладнання. Потужність статичних перетворювачів на напівпровідниках може бути від декількох ват до декількох десятків кіловат. Умови експлуатації перетворювачів різноманітні. Експлуатація перетворювачів відбувається в умовах холодного, помірною, сухого й вологого клімату, піддаватися дії радіація й факторів космічного простору. Умови навколишнього середовища різні при зміні кліматичних зон і пори року. Крім того, на перетворювачі і її елементи впливають механічні навантаження, вид і рівень яких визначається конструктивними особливостями апаратури і функціональним призначенням літального апарата, на якому вона встановлена.

На борту ЛА застосовуються напівпровідникові статичні перетворювачі:

– постійного струму в змінний - статичні перетворювачі однофазної серії СПО, трьохфазної серії - ПТС, ПТО.

– змінного струму в постійний, виконувани у вигляді трансформаторно-випрямних блоків (ТВБ) або випрямних установок (ВУ).

Вихід з ладу статичних перетворювачів або зміна його вихідних параметрів призводить до відмови споживачів електричної енергії, які вони живлять, що в свою чергу впливає на безпеку польотів.

За таких умов особливе значення набувають дослідження, що пов'язані з вивченням факторів довготривалої експлуатації, що і обумовлює актуальність роботи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботі [1] проведений аналіз кліматичних випробовувань, розглядаються міжнародні стандарти випробовувань на вплив навколишнього середовища.

У роботі [2] проведений аналіз функцій систем електропостачання літального апарату. Досліджується схема системи електропостачання літального апарату, особливості її елементів. Досліджуються причини відмов системи електропостачання літального апарату системи на основі статистичних даних про відмови елементів.

Аналіз останніх статей і публікацій показує, що не вирішена проблема розробки методів дослідження впливу факторів довготривалої експлуатації на стан та характеристики складних електронних систем.

**Метою даної статті** є проведення аналізу факторів довготривалої експлуатації, які впливають на стан та характеристики статичних перетворювачів та можливість прогнозування технічного стану статичних перетворювачів за допомогою математичної моделі електричної схеми перетворювача.

### Основна частина

Фактори, що впливають на статичні перетворювачі при експлуатації (табл. 1, рис. 1), по своїй природі можна розділити на наступні групи:

1. Електричні навантаження (напруга, струм, реактивна потужність, частота змінного струму).
2. Кліматичні впливи (температура й вологість навколишнього середовища, атмосферний тиск, до-

мішки в навколишньому середовищі, біологічні фактори й т.д.).

3. Механічні навантаження (вібрація, удари, постійно діюче прискорення, акустичні шуми).

4. Радіаційні впливи (потік нейтронів, гамма-промені, космічні частки, сонячна радіація).

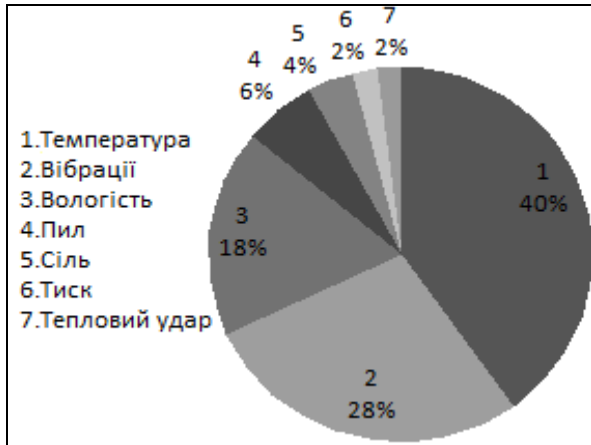


Рис. 1. Фактори навколишнього середовища та їх вплив на статичні перетворювачі у відсотках

Таблиця 1

Фактори навколишнього середовища та результати їх впливу на статичні перетворювачі

Вид впливу навколишнього середовища	Результати впливу
Висока температура	Зміна індуктивності, ємності і удільного опору, діелектричної проникності. Старіння матеріалів.
Низька температура	Зменшення діелектричної проникності. Структурне перевантаження із-за розширення матеріалів
Вологість	Проникання вологи в пористі матеріали, що викликає їх збільшення в об'ємі, окислення матеріалів з хорошою електропровідністю, підвищення хрупкості матеріалів.
Соляний туман	Удільна провідність соляного розчину зменшує удільний опір ізоляційних матеріалів і сприяє електричному травленню і хімічній корозії металів
Опади ( роса, дощ, сніг, іній )	Деградація і руйнування структури матеріалу, корозія, пошкодження електричних частин.
Сонячна радіація	Збільшена температура, прискорене старіння
Високий або низький тиск	Розрив матеріалів, пробій ізоляції, руйнування структури матеріалів

Під впливом зазначених факторів відбувається зміна параметрів елементів перетворювачів (резисторів, напівпровідникових елементів, конденсаторів, комутаційних елементів, магнітних матеріалів, ізоляційних матеріалів) [4].

Основним фактором, що визначає загальну надійність статичних перетворювачів, є надійність вхідних в нього елементів: опорів, конденсаторів, діодів, транзисторів, трансформаторів, інтегральних схем (IC) і так далі. Вихід з ладу будь-якого з цих елементів або зміна їх параметрів понад певні межі приведе до відмови статичного перетворювача.

Надійність статичних перетворювачів залежить від своєчасного контролю й технічного обслуговування. У завдання технічного обслуговування входять не тільки відновлення або ремонт обладнання, що відмовило, але й попередження відмов, що є особливо актуальним при тривалій експлуатації.

Кількісне визначення параметрів надійності електронного обладнання й прогнозування його стану пов'язане з великою витратою часу й засобів для одержання й обробки статистичних даних по його експлуатації й випробуванням [3]. Експлуатаційна інтенсивність відмов статичних перетворювачів досить мала. Невелика й статистична база для одержання достовірної кількісної інформації про надійність. У таких умовах проведення статистичних випробувань стає економічно й технічно недоцільним.

З іншого боку, характеристики надійності електронних елементів досить добре відомі.

У зв'язку із цим для статичних перетворювачів доцільно застосовувати не експериментальні, а розрахункові методи визначення параметрів надійності й прогнозування технічного стану з використанням математичних моделей електричної схеми перетворювача.

Основними етапами розрахункового методу визначення параметрів надійності й прогнозування технічного стану статичних перетворювачів є:

- формулювання мети й завдань розрахунку,
- збір і підготовка необхідних вихідних даних,
- формування математичної моделі статичного перетворювача,
- проведення математичного моделювання роботи перетворювача з накопичуванням інформації;
- ухвалення рішення за результатами розрахунку.

Технічний стан статичного перетворювача повністю характеризується набором його вихідних параметрів. У якості їх розглядаються напруга, потужність, частота, зсув між фазами, коефіцієнт форми, коефіцієнт модуляції напруги, коефіцієнт модуляції частоти.

Зміна вихідних параметрів перетворювача відбувається під впливом випадкових змін параметрів багатьох елементів, тому процес зміни параметрів

перетворювача розглядається як деяка випадкова функція часу. Випадковий процес дрейфу параметрів можна записати виразом [4]:

$$Y(t) = \zeta(t) + \psi(t),$$

де  $\zeta(t)$  – нестационарний (звичайно монотонний) випадковий процес необоротних змін параметрів;

$\psi(t)$  – стаціонарний випадковий процес оборотних змін параметрів під впливом зовнішніх умов.

Процедура прогнозування технічного стану полягає у формуванні за результатами моделювання деякого випадкового процесу й наступної оцінки його характеристик.

Мета прогнозування може полягати в прямому прогнозуванні, суть якого складається у визначенні стану об'єкта прогнозування в попереджений момент часу.

Сутність зворотного прогнозування складається у визначенні працездатності об'єкта. При цьому відмінність зворотного прогнозування від прямого полягає в тому, що при прямому прогнозуванні необхідно визначити значення прогнозованого параметра в заданий майбутній момент часу, а при зворотному – майбутній момент часу, у який параметр досягне границі допуску.

### Висновки та перспективи подальших досліджень

Аналіз впливу факторів показує, що електричні навантаження, кліматичні впливи, механічні навантаження та радіаційні фактори значно впливають на стан та характеристики статичних перетворювачів.

Використання розрахункового методу дозволить прогнозувати технічний стан статичних перетворювачів за допомогою математичної моделі, що в свою чергу дозволить уникнути великих затрат часу і засобів для отримання і обробки статистичних даних по експлуатації і випробуванням статичних перетворювачів.

За допомогою математичної моделі статичного перетворювача можливо оцінювати характеристики похибок пристрою, імітувати відмови елементів, що входять до складу перетворювача, і прогнозувати його надійність при проектуванні і експлуатації.

Викладений матеріал доцільно враховувати при модернізації і експлуатації статичних перетворювачів.

### Список літератури

1. Климатические испытания. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа до джерела: <http://www.mattest.ru/informacija/stati/klimaticheskie-ispytaniya>.
2. Ольховиков С.В. Повышение надежности системы электроснабжения летательного аппарата / С.В. Ольховиков / Системы управления, навигации та зв'язку: зб. наук. праць. – К.: ЦНДІ НІУ, 2010. – Вип. 4(16). – С. 154-157.
3. Чернов В.Ю. Надежность авиационных приборов и измерительно-вычислительных комплексов / В.Ю. Чернов, В.Г. Никитин, Ю.П. Иванов. – Санкт-Петербург, Государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2004. – 150 с.
4. Жданкин В. Надежность преобразователей напряжения и их количественная оценка / В. Жданкин. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до матеріалів: <http://www.cta.ru>.
5. Зонтов В.М. Системы электроснабжения ЛА / В.М. Зонтов, Б.В. Курприн. – М.: ВВИА, 1988. – 325 с.
6. Лакиминарайянан В. / Методы повышения надежности электронных систем. Ч. 1. / В. Лакиминарайянан. – 247 с.
7. Долговечность и старение материалов в условиях воздействующих факторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа до матеріалів: <http://www.sermir.narod.ru/Lec/lect14.htm>.

Надійшла до редколегії 27.12.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.А. Калкманов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА СОСТОЯНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

О.Г. Петрук, О.Е.Зенович, С.Ю. Маренич

*Проведен анализ влияния факторов долговременной эксплуатации на состояние и характеристики статических преобразователей для повышения безопасности полета.*

**Ключевые слова:** статические преобразователи, система электроснабжения, математическая модель.

### ANALYSIS OF INFLUENCING OF FACTORS OF OF LONG DURATION EXPLOITATION ON THE STATE AND DESCRIPTIONS OF STATIC TRANSFORMERS

O.G. Petruk, O.E. Zenovich, S.Yu. Marenich

*The analysis of influencing of factors of of long duration exploitation is conducted on the state and descriptions of static transformers for the increase of safety of flight.*

**Keywords:** static transformers, system of power supply, mathematical model.