



УДК 621.3.019:658.562

В.П. СТРЕЛЬНИКОВ*, П.В. СТРЕЛЬНИКОВ*

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ, ВИМОГИ ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КОМПЛЕКТІВ ЗІП

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, Україна

Анотація. Розглядається як вимога забезпечення заданого рівня надійності апаратури при мінімальних витратах. Визначені основні характеристики ЗІП, такі, як вид комплекту ЗІП, його склад, показники достатності запасних елементів у комплектах ЗІП, способи поповнення запасних елементів у комплектах ЗІП. Визначено, якими способами поповнення користуються залежно від призначення апаратури системи її технічного обслуговування і ремонту, вимог до апаратури щодо надійності: періодичним, безперервним, періодичним поповненням з екстреними доставками і поповненням за рівнем. Для забезпечення високої експлуатаційної надійності електронної апаратури, проведення технічного обслуговування і ремонту, що продовжують терміни служби апаратури, пропонується система забезпечення, яка включає діагностичні та ремонтні засоби, комплекти запасних елементів та ін. Розглядається проектування ЗІП з урахуванням забезпечення критеріїв надійності функціонування систем, тобто рівень достатності, склад і обсяг ЗІП, які повинні забезпечити функціонування систем із необхідними показниками надійності. Пропонується використання методик розрахунку запасних елементів на основі більш адекватних моделей надійності, яке приводить до більш точного прогнозування необхідного обсягу запасних елементів і, отже, до більш ефективного комплектування апаратури запасними елементами. Розглядається проектування ЗІП з урахуванням забезпечення критеріїв надійності функціонування систем. Пропонується використання більш адекватних моделей відмов для розрахунку обсягу запасних частин ЗІП. Визначено основні положення вимоги і вихідні дані для розрахунку комплектів ЗІП.

Ключові слова: відмова, надійність, розрахунок комплектів ЗІП.

Abstract. The ability to effectively ensure pre-specified level of reliability of the equipment, while maintaining expenditures at a minimum, is one of the foremost requirements and biggest challenges of our time. One of the key elements of the current research is to determine main characteristics of spare parts, e.g. types of spare parts sets, their respective composition, indicators of sufficiency of spare elements in spare parts sets, which allows to define the most effective and cost-saving methods of spare elements inventory management for spare parts sets. There have been analyzed some methods for developing the inventory depending on the purpose of the equipment, its maintenance and repair, as well as the requirements for the equipment reliability, including periodic and continuous stocking, periodic stocking with emergency deliveries and replenishment by level. To ensure high operational reliability of electronic equipment, maintenance and repair, extending the service life of the equipment, a support system is proposed, which includes diagnostic and repair tools, sets of spare parts, etc. In addition, the paper addresses the design of spare parts while taking into account the criteria of reliability of systems operation such as the level of sufficiency, composition and volume of spare parts, which should ensure the functioning of systems with necessary reliability indicators. The suggested methods for spare parts inventory planning and management are based on the most adequate models of reliability that, as a result, provide a significantly more accurate forecasting of the required amount of spare parts and, consequently, a more efficient equipment spare parts inventory planning. The research suggests the main requirements and necessary input data to guarantee the accuracy of such calculations.

Keywords: failure, reliability, spare parts management.

1. Вступ

Для забезпечення високої експлуатаційної надійності електронної апаратури, проведення технічного обслуговування і ремонту, що продовжують терміни служби апаратури, пропонується система забезпечення, яка включає діагностичні та ремонтні засоби, комплекти запасних елементів та ін. Прийнято називати сукупність всіх запасів конструктивних елементів, що входять в систему забезпечення працездатності апаратури, системою ЗІП (запасні частини, інструменти, приладдя).

Можлива нестача запасних елементів збільшує середній час заміни елемента, що відмовив, справним запасним, причому обмеженість обсягу системи ЗІП може істотно позначитися на значенні показника надійності апаратури. Практика показує, що витрати на систему ЗІП порівняні з витратами на власне апаратуру, тому виникає задача проєктування системи ЗІП, яка забезпечує заданий рівень надійності апаратури при мінімальних витратах.

У зв'язку з цим використання методик розрахунку запасних елементів на основі більш адекватних моделей надійності приводить до більш точного прогнозування необхідного обсягу запасних елементів і, отже, до більш ефективного комплектування апаратури запасними елементами (1).

Мета статті – проаналізувати використання більш адекватних моделей відмов для розрахунку обсягу запасних частин. Це приводить до більш точного прогнозу числа відмов елементів і необхідної кількості запасних частин і тим самим до більш ефективного забезпечення комплектів ЗІП (оптимального числа запасних елементів) (2).

У цій статті розглядається проєктування ЗІП з урахуванням забезпечення критеріїв надійності функціонування систем, тобто рівень достатності, склад і обсяг ЗІП повинні забезпечити функціонування систем із необхідними показниками надійності.

2. Виклад основного матеріалу

До основних характеристик ЗІП відносяться вид комплекту ЗІП, його склад, показники достатності запасних елементів у комплектах ЗІП, способи поповнення запасних елементів у комплектах ЗІП.

Одиночний комплект ЗІП (ЗІП-О) призначений для поточного ремонту апаратури шляхом заміни несправних елементів, а також для проведення профілактичних робіт і налаштування апаратури в експлуатаційних умовах. Одиночний ЗІП надається одному певному виробу.

До складу ЗІП-О входять вироби електронної техніки (інтегральні схеми, напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори та ін.), вироби електротехніки, захисту і комутації, світлотехніки тощо, типові елементи заміни (ТЕЗ), окремі вузли та блоки, в тому числі покупні пристрої, приналежності (контрольні прилади, пристосування) і матеріали, необхідні для технічного обслуговування і ремонту апаратури.

Груповий комплект ЗІП (ЗІП-Г) призначений для поповнення ЗІП-О і забезпечення апаратури тими елементами, яких немає в одиночному ЗІП. Груповий комплект ЗІП надається групі виробів, причому ці вироби можуть бути різними за складом і різної складності. До складу ЗІП-Г можуть входити запасні частини, що представляють собою конструктивно і функціонально закінчені великі складові частини (вузли, пристрої) апаратури, електромеханічні пристрої (у тому числі покупні).

Залежно від призначення апаратури, системи її технічного обслуговування і ремонту, вимог до апаратури щодо надійності користуються такими способами поповнення: періодичним, безперервним, періодичним поповненням з екстреними доставками і поповненням за рівнем.

Періодичне поповнення – спосіб, при якому періодично, через заздалегідь задані, фіксовані інтервали часу (періоди поповнення) відбувається повне відновлення кількості запасних елементів до початкового рівня. Періодичне поповнення застосовується для відновлення всіх запасів, в основному для поповнення невідновлюваних запасними елементами.

Для невідновлюваних запасних елементів з обмеженою надійністю і високою вартістю економніше використовувати періодичне поповнення з екстреними доставками. Для найбільш відповідальних невідновлюваних запасних елементів, що мають обмежену надійність, користуються поповненням за рівнем.

Безперервне поповнення – спосіб поповнення, при якому відмовив елемент, замінюють справним і відразу ж відправляють на ремонт у ремонтний орган. Безперервне поповнення застосовується для поповнення запасів у ЗПП-О дорогих невідновлюваних елементів, а також для поповнення відновлюваними запасними елементами.

Як показники достатності комплектів ЗПП найчастіше використовують коефіцієнт готовності комплекту ЗПП і ймовірність достатності комплекту ЗПП за заданий період поповнення.

Ймовірність достатності – це ймовірність того, що протягом заданого періоду поповнення комплект ЗПП не відмовить за запасом даного типу.

Коефіцієнт готовності запасу – це ймовірність того, що в довільний момент часу при заданому способі поповнення комплект ЗПП не відмовить за запасом даного типу.

Склад і обсяг ЗПП розсіпом визначається з метою оцінки обсягу невідновлюваних запасних частин для поповнення комплектів ЗПП-О, ЗПП-Г і ремонтних комплектів на весь період експлуатації (5, 10, 20 і більше років).

3. Основні положення

Розрахунок і комплектування ЗПП-О і ЗПП-Г виробляє розробник за погодженням із замовником відповідно до вимог чинних нормативно-технічних документів.

Комплект запасних частин, інструментів і приладдя повинен включати запасні частини, необхідні для ремонту і підтримки працездатного стану виробів протягом певного часу (періоду поповнення ЗПП) і забезпечення необхідного рівня надійності останніх. Методика розрахунку норм запасних частин, яка представлена у цьому документі, розглядає комплектуючі вироби (елементи, ТЕЗи, блоки).

Номенклатура інструментів, приладдя, матеріалів та інших допоміжних елементів, що не підлягають розрахунку, встановлюється розробником за погодженням із замовником, виходячи з умов експлуатації виробів з урахуванням всіх видів технічного обслуговування, передбачених інструкцією з експлуатації. Рекомендовані норми закладки в комплект ЗПП-О цих елементів наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Норми закладки елементів у комплекті ЗПП-О

Тип комплектуючих частин	Норма закладки для ЗПП-О
Запобіжники	400%
Інструменти	2 комплекти
Приладдя, матеріали	За узгодженням із замовником

Примітки:

1. Норми розраховані на один рік експлуатації при коефіцієнті експлуатації, рівному 12 год на добу.

2. При коефіцієнті експлуатації, відмінному від зазначеного, норми змінюються пропорційно.

Однією найважливішою апіорною інформацією, що в кінцевому підсумку визначає обсяг запасних частин, представляється теоретична модель відмов, яка приймається при розрахунках числа відмов. У цьому нормативному матеріалі прийнято, що розподіл наробітку до відмови (на відмову) елементів описується DN-розподілом, який представляється найбільш універсальною і адекватною моделлю відмов електронних виробів (3).

При розробці методик розрахунку запасних елементів у комплектах ЗІП прийняті такі допущення:

- апаратура складається з послідовно з'єднаних по надійності невідновлюваних та відновлюваних елементів;
- надійність робочих і запасних елементів кожного типоміналу однакова;
- при зберіганні запасні елементи не відмовляють;
- всі елементи, які працюють (резервні, запасні), відмовляють незалежно.

Типова структура виробів (систем), на які поширюється ця методика, наведена на рис. 1.

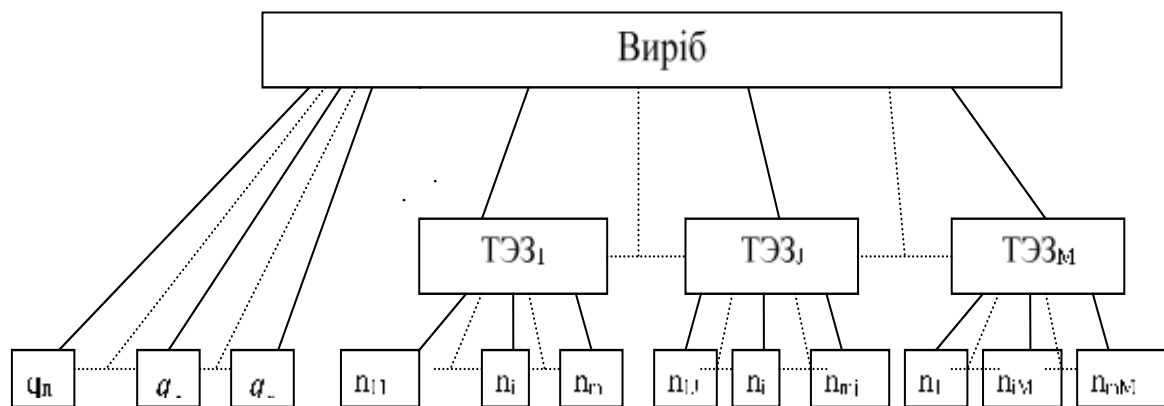


Рисунок 1 – Структура виробу (системи)

4. Вимоги і вихідні дані для розрахунку комплектів ЗІП

Встановлюють вид комплекту ЗІП. Для групового комплекту ЗІП-Г встановлюють число виробів Q апаратури, що мають і не мають поодинокі комплекти ЗІП-О ($Q = L + D$).

Встановлюють період поповнення ЗІП $T_{ПЗ}$. Залежно від призначення апаратури, системи її технічного обслуговування і ремонту, вимог до апаратури по надійності за погодженням із замовником період поповнення приймають рівним одному, двох або трьох років. Справжня методика дозволяє розраховувати обсяг ЗІП і на більш тривалі періоди (10–20 і більше років).

Встановлюють сумарне напрацювання виробів t_{Σ} на момент початку періоду поповнень і коефіцієнт інтенсивності експлуатації K_H у цей період:

$$K_H = \frac{T_{\Sigma}}{8760}. \quad (1)$$

Встановлюють необхідний рівень показника надійності виробів на момент закінчення періоду поповнення: ймовірність безвідмовної роботи $R_{взд}^{mp}$, якщо у виробі застосовуються невідновлювані елементи, і як показник надійності використовують імовірність безвідмовної роботи або коефіцієнт готовності K_{Σ}^{mp} , якщо у виробі застосовуються як від-

новлювані, так і невідновлювані елементи, і як показник надійності використовують коефіцієнт готовності.

Показники достатності ЗІП π_o визначають на підставі аналізу очікуваних і необхідних показників надійності ($\pi_o \geq R_{изд}^{mp} / R_{изд}(T_{ПЗ})$ або $\pi_o \geq K_z^{mp} / K_z$), округляючи до найближчих значень ряду: 0,9; 0,95; 0,99; 0,995; 0,999; 0,9995; 0,9999.

Примітка. Показник достатності ЗІП π_o може здаватися замовником незалежно від очікуваних показників надійності виробу.

Вихідними даними для розрахунку номенклатури комплекту ЗІП, кількості запасних частин є:

- структура і склад виробу (системи);
- номенклатура складових елементів (типономіналів) і число елементів кожного типу n_i ($i = \overline{1, m}$);
- показники надійності кожного типономіналу T_{oi}, V_{oi} ;
- номенклатура відновлюваних запасних частин (ТЕЗів, блоків) m_j ($j = \overline{1, M}$);
- середній час відновлення запасних частин $T_{ВТЭЗj}$;
- структурна схема надійності (СН) виробів і число резервних (у ненавантаженому резерві) елементів r_i відповідного типу.

5. Висновки

Маючи вищезгадані дані, що відповідають вимогам і основним положенням, наведеним у цій статті, ми зможемо провести розрахунок показників достатності ЗІП, визначити номенклатуру комплекту ЗІП, розрахувати кількість запасних частин комплекту ЗІП-0, розрахувати кількість запасних частин комплекту ЗІП-Г та кількість елементів у ЗІП розсипом.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Погребинский С.Б., Стрельников В.П. Проектирование и надежность многопроцессорных ЭВМ. М.: Радио и связь, 1988. 168 с.
2. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. К.: Логос, 2002. 486 с.
3. ГОСТ 27.005-97. Надежность в технике. Модели отказов. Основные положения. Введ. 01.01.99. 43 с.

Стаття надійшла до редакції 01.07.2021