

УДК 621.317

С.В. Герасимов, С.В. Ольховіков

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

МОДЕЛЬ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ АУТОНОМНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

В статті показано підвищення ролі засобів контролю при переведенні автономних джерел електропостачання на експлуатацію за технічним станом. Обґрунтовані особливості технічного обслуговування та ремонту засобів контролю на сучасному етапі в умовах зростання ймовірності їх відмов. Запропонована модель технічного обслуговування та ремонту засобів контролю в місцях дислокації військових частин і підрозділів.

Ключові слова: засоби контролю, автономні джерела електропостачання, технічне обслуговування

Вступ

Постановка проблеми. Сучасний стан військової реформи та організації військового будівництва в Україні характеризується гострим дефіцитом грошових і матеріальних ресурсів. Складний сучасний фінансовий стан Міністерства оборони України є причиною частого від'єднання об'єктів військового призначення від державної системи електропостачання. В цьому випадку гарантом забезпечення боєздатності військових підрозділів і можливості виконання ними поставлених завдань є технічна справність автономних джерел електропостачання (АДЕ).

Проведення заходів технічного обслуговування АДЕ має на меті дати обґрунтовану відповідь на питання про їх технічний стан і здатність виконувати завдання за призначенням. Як показує аналіз, переважна більшість АДЕ вже тривалий час знаходиться в експлуатації, тому одним з основних проблемних питань експлуатації та застосування за призначенням АДЕ є визначення їх дійсного технічного стану. Для цього необхідно використовувати технічно справні засоби контролю (ЗК), які призначені для визначення вихідних параметрів АДЕ.

У цих умовах виникає необхідність збереження існуючого парку ЗК, підтримка їх характеристик на рівні, що забезпечує боєготовність військових підрозділів при від'єднанні їх від системи державного електропостачання за рахунок оперативного перепідключення на автономне електропостачання з видачею живлення з необхідними вихідними параметрами на об'єкти військового призначення. Слід зазначити, що проведення обслуговування та ремонту ЗК з вилученням з місць експлуатації не прийнятне для ефективного функціонування системи автономного електропостачання, основною вимогою до якої є висока оперативність включення в роботу.

Виходячи з цього **актуальність** досліджень, результати яких наведені в статті, обумовлена:

– зростанням ролі та значення АДЕ в підтримці постійної бойової готовності сучасних і перспективних зразків озброєння;

– загальною тенденцією підвищення вимог до точності та своєчасності вимірювань при експлуатації та застосуванні озброєння;

– відсутністю оновлення парку автономних джерел електропостачання.

Зазначимо, що особливостями технічного обслуговування АДЕ і ЗК на сучасному етапі в умовах зростання ймовірності їх відмов є:

– необхідність зменшення інтервалів між обслуговуваннями об'єктів в залежності від ступеня виробітку ресурсу;

– зростаючі обсяги вимірювань і контролю параметрів АДЕ потребують збільшення трудовитрат (підвищення часу проведення операцій технічного обслуговування).

Визначення можливості включення в роботу справних АДЕ можливо шляхом моделювання їх функціонування в імовірних ситуаціях з урахуванням викладених особливостей.

Аналіз публікацій. Проведений аналіз літератури показав [2–7], що існує багато варіантів побудови моделей технічного обслуговування зразків озброєння, в тому числі АДЕ, однак вони розглядають процес обслуговування в стаціонарних умовах (на відповідних заводах). Однак для зменшення витрат ресурсу технічне обслуговування та ремонт пропонується проводити в місцях дислокації зразків озброєння, що в той же час економить кошти за рахунок відсутності доставки АДЕ до технічних (ремонтно-відновлювальних) підрозділів та підвищує боєготовність частин і підрозділів.

Таким чином, актуальності набуває питання, пов'язане з розробкою моделі технічного обслуговування та ремонту засобів контролю автономних джерел електропостачання в місцях дислокації військових частин і підрозділів.

Мета статті. Дана стаття присвячена розробці математичної моделі технічного обслуговування та ремонту засобів контролю автономних джерел електропостачання в місцях дислокації військових підрозділів.

Основна частина

При організації пересувного перевірконо-ремонтного підрозділу (ПРП) попередньо варто проаналізувати його роботу на моделі. Вихідними даними для такої моделі є: кількість ЗК N , які підлягають обслуговуванню (визначення технічних параметрів – калібруванню); значення міжперевірочного інтервалу (МПІ) T_{Π} ; час проведення обслуговування (калібрування) t_k і ремонту t_r ЗК; орієнтовані значення імовірностей помилок першого α і другого β роду; значення імовірностей появи метрологічних $P_{\text{мв}}$ і явних $P_{\text{яв}}$ відмов під час експлуатації ЗК; середній час $T_{\text{мо}}$ перебування ЗК в обслуговуванні, який включає час перебування в черзі на калібрування $t_{\text{чк}}$, час проведення калібрування t_k , а для несправних ЗК крім цього й ще час перебування в черзі на ремонт $t_{\text{чр}}$, час проведення ремонту t_r та час, необхідний для проведення другого калібрування. Ці вихідні дані визначають виробничі можливості та характеристики ПРП. При цьому розрізняють дві групи задач – аналізу та синтезу ПРП.

У загальній постановці їх можна сформулювати, наприклад, у такий спосіб:

задача аналізу – на основі T_{Π} , t_k , t_r , $P_{\text{мв}}$ і $P_{\text{яв}}$, кількості перевірочних n_{Π} і ремонтних n_r місць визначити “зовнішні” характеристики ПРП – максимальну кількість ЗК N^{max} , яку здатний обслужити ПРП; середній час перебування ЗК в обслуговуванні $T_{\text{мо}}$;

задача синтезу – на основі T_{Π} , t_k , t_r , $P_{\text{мв}}$ і $P_{\text{яв}}$, N і $T_{\text{мо}}$ визначити “внутрішні” характеристики ПРП – кількість повірочних n_{Π} і ремонтних n_r місць.

В обох випадках для визначення необхідних характеристик можна використати математичну модель замкнутої багатоканальної системи масового обслуговування з очікуванням [5]. У роботі [3] доведена гіпотеза про приналежність вхідного потоку ЗК, що обслуговуються, до пуассонівського, тому будемо вважати вхідні потоки (інтенсивність $\lambda_{\text{вх}}^{\text{ЗК}}$) і потоки обслуговування (інтенсивність $\mu_{\text{об}}^{\text{ЗК}}$), пуассонівськими. Це означає, що, по-перше, проміжки часу $\Delta t_{\text{мо}}$ між надходженнями ЗК в обслуговування і тривалість їх обслуговування $t_{\text{мо}}$ є випадковими величинами з функціями розподілу $F_1(t) = 1 - \exp(-\lambda_{\text{вх}}^{\text{ЗК}} t)$ і $F_2(t) = 1 - \exp(-\mu_{\text{об}}^{\text{ЗК}} t)$ відповідно і, по-друге, $\lambda_{\text{вх}}^{\text{ЗК}} = 1/\Delta t_{\text{мо}}$ і $\mu_{\text{об}}^{\text{ЗК}} = 1/t_{\text{мо}}$.

Так як розглянута система перевірки та ремонту ЗК замкнута, а всього підлягає обслуговуванню N ЗК, з яких $N_{\text{об}}$ буде знаходитися в обслуговуванні і $(N - N_{\text{об}})$ в експлуатації, то в сталому режимі, у системі буде формуватися вхідний потік $(N - N_{\text{об}})$ ЗК. Кожний ЗК з N , яке підлягає обслуговуванню, незалежно від інших буде формувати потік заявок на обслуговуван-

ня з інтенсивністю $\lambda_{\text{пі}}^{\text{ЗК}} = T_{\text{пі}}^{-1}$, де $T_{\text{пі}}^{-1}$ – МПІ i -го ЗК, $i = \overline{1, N}$. Аналогічно кожний ЗК може раптово явно відмовити і незалежно від інших формувати потік заявок на ремонт з інтенсивністю $\lambda_{\text{рї}}^{\text{ЗК}} = T_{\text{рї}}^{-1}$, де $T_{\text{рї}}^{-1}$ – середній наробіток ЗВТ на явне відмову.

Відмітимо, що інтенсивність потоку ЗК зі схожими (метрологічними) відмовами $\lambda_{\text{мв}}^{\text{ЗК}}$ на виході ПРП, якщо відомо значення помилок першого та другого роду, апріорі можна визначити по формулі $\lambda_{\text{мв}}^{\text{ЗК}} = \beta(\lambda_{\text{вхп}}^{\text{ЗК}} - \lambda_{\text{вхр}}^{\text{ЗК}})$. Тому інтенсивність вхідного потоку ЗК в одиницю часу буде:

на обслуговування (калібрування):

$$\lambda_{\text{вхп}}^{\text{ЗК}} = \sum_{i=1}^{N_{\Pi}} \lambda_{\text{пі}}^{\text{ЗК}} = \sum_{i=1}^{N_{\Pi}} (T_{\text{пі}})^{-1},$$

де N_{Π} – кількість ЗК, які потребують обслуговування за вибраний інтервал часу; на ремонт:

$$\lambda_{\text{вхр}}^{\text{ЗК}} = \sum_{i=1}^{N_r} \lambda_{\text{рї}}^{\text{ЗК}} = \sum_{i=1}^{N_r} (T_{\text{рї}})^{-1};$$

де N_r – кількість ЗВТ з явними відмовами;

$$N_{\text{об}} = N_{\Pi} + N_r;$$

у цілому:

$$\lambda_{\text{вх}}^{\text{ЗК}} = \lambda_{\text{вхп}}^{\text{ЗК}} + \lambda_{\text{вхр}}^{\text{ЗК}}.$$

Відмітимо, що у випадку однакових МПІ $\lambda_{\text{вхп}}^{\text{ЗК}} = (N_{\text{об}} - N_r) T_{\Pi}^{-1}$ і наробіток на явне відмовлення $\lambda_{\text{вхр}}^{\text{ЗК}} = N_r T_{\text{рї}}^{-1}$, середня кількість ЗК, що надійшли в систему обслуговування за інтервал часу τ (рік, місяць тощо) визначається по формулі $N_{\text{вх}} = \lambda_{\text{вх}}^{\text{ЗК}} \tau$.

Визначимо найважливішу часову характеристику технічного обслуговування ЗК – середню тривалість їх перебування в ПРП $T_{\text{мо}}$.

У принципі $T_{\text{мо}}$ складається з двох складових – часу очікування обслуговування та самого обслуговування. Однак обслуговування ЗК відбувається по-різному в залежності від технічного стану засобів. Так, фактично справні ЗК, надходячи на обслуговування, можуть очікувати проведення обслуговування у продовж часу $t_{\text{чк}}$, потім калібруватися у продовж часу t_k . Для таких ЗК тривалість їх перебування в обслуговуванні $T_{\text{мо}} = t_{\text{чк}} + t_k + t_{\text{дод}}$, де $t_{\text{дод}}$ – середній час невиробничих затримок в обслуговуванні ЗК, наприклад, через хворобу працівника, відсутність світла тощо.

Прилади з явними відмовами надходять з інтенсивністю $\lambda_{\text{вхр}}^{\text{ЗК}}$ відразу в канал ремонту. Там вони можуть очікувати ремонту протягом $t_{\text{чр}}$, потім ремонтуватися протягом t_r . Після ремонту ці прилади очікують протягом часу $t_{\text{чк}}$ обслуговування і каліб-

руються протягом t_k . Прийmemo допущення, що після ремонту засоби калібруються (повіряються) тільки один раз. Якщо засоби будуть забраковані після ремонту, то вони вилучаються (списуються), і замінюються на аналогічні з обмінного фонду. Тоді відповідно до моделі процесу технічного обслуговування та ремонту ЗК для даного випадку

$$T_{\text{мо}} = t_{\text{чр}} + t_p + t_{\text{чк}} + t_k + t_{\text{дод}}.$$

Прилади зі схованими відмовами, інтенсивність надходження яких у канал перевірки дорівнює

$$\lambda_{\text{МВ}}^{\text{ЗК}} = \lambda_{\text{МВ}}^{\text{ЗК}'} + T_{\text{МВі}}^{-1} = \beta(\lambda_{\text{ВХП}}^{\text{ЗК}} - \lambda_{\text{ВХР}}^{\text{ЗК}}) + T_{\text{МВі}}^{-1},$$

де $T_{\text{МВі}}^{-1}$ – середній наробіток ЗК на метрологічну (сховану) відмову, проходять канал перевірки, бракуються там, проходять канал ремонту і вдруге проходять канал перевірки. При цьому прийmemo допущення, що ймовірність виявлення схованої відмови при калібруванні дорівнює 1. У цьому випадку час першого калібрування через виявлення дефектів десь у середині операції звичайно скорочується в r_k раз, а час очікування другої перевірки скорочується в $r_{\text{ч}}$ раз. Тому структура виразу для загальної граничної тривалості перебування ЗВТ у обслуговуванні буде мати такий вигляд:

$$T_{\text{мо}} = (1 + r_{\text{ч}})t_{\text{чк}} + (1 + r_k)t_k + t_{\text{чр}} + t_p + t_{\text{дод}}. \quad (1)$$

У загальному випадку потік ЗК, що обслуговуються, містить прилади зі схованими і явними відмовами, тому вираз (1) візьmemo за основу подальших розрахунків. У наведеному виразі для граничної тривалості перебування ЗК в обслуговуванні час калібрування та ремонту є величинами, близькими до нормативних значень, а значення часу очікування обслуговування та ремонту визначаються за правилами теорії масового обслуговування.

З урахуванням наведеного середній час очікування обслуговування можна визначити по формулі:

$$t_{\text{чк}} = \frac{1}{\lambda_{\text{ВХП}}^{\text{ЗК}}} \cdot \frac{N_{\text{п}}'}{N_{\text{п}} - N_{\text{п}}'} - t_{\text{п}}; \quad (2)$$

$$t_{\text{чр}} = \frac{1}{\lambda_{\text{ВХР}}^{\text{ЗК}}} \cdot \frac{N_{\text{р}}'}{N_{\text{р}} - N_{\text{р}}'} - t_{\text{р}}, \quad (3)$$

де $N_{\text{п}}'$ – середнє число ЗК, що обслуговується;

$N_{\text{р}}'$ – середнє число ЗК, що ремонтується.

Величини $N_{\text{п}}'$ і $N_{\text{р}}'$, що входять у формули (2) і (3), визначаються ймовірністю P_k і P_p того, що у відповідному каналі (калібрування чи ремонту) за інтервал часу τ буде калібруватися чи ремонтуватися зазначена кількість ЗК. Значення ймовірностей P_k , P_p і середнього числа ЗК, що обслуговуються, можна взяти з математичної формули експлуатації ЗК.

Підставляючи значення $N_{\text{п}}'$ і $N_{\text{р}}'$ в формули (2) і (3), а отриманні вирази в формулу (1), можна розрахувати середню кількість засобів, що очікують обслуговування (калібрування) чи ремонт, іншими словами – довжину черги, можна визначити по формулах:

$$N_{\text{п}} - N_{\text{п}}' = \sum_{i=1}^{N_{\text{п}}} (N_{\text{п}}' - n_{\text{п}}) P_k; \quad (4)$$

$$N_{\text{р}} - N_{\text{р}}' = \sum_{i=1}^{N_{\text{р}}} (N_{\text{р}}' - n_{\text{р}}) P_p, \quad (5)$$

де $N_{\text{п}} - N_{\text{п}}'$ – кількість ЗК, які знаходяться в черзі на обслуговування; $N_{\text{р}} - N_{\text{р}}'$ – кількість ЗК, які знаходяться в черзі на ремонт.

Наведені вирази (4) і (5) дозволяють вирішувати задачі аналізу технічного обслуговування ЗК АДЕ військових підрозділів – по відомим значенням N , T_k , t_k , t_p , $P_{\text{МВ}}$ або $T_{\text{яві}}$, $n_{\text{п}}$, $n_{\text{р}}$, $r_{\text{ч}}$, r_k , $t_{\text{дод}}$ визначити $t_{\text{чк}}$ і $t_{\text{чр}}$, $N_{\text{р}}$ або $T_{\text{мо}}$ й інші характеристики.

Висновки

Запропонована математична модель технічного обслуговування та ремонту засобів контролю параметрів автономних джерел електропостачання в місцях дислокації військових підрозділів дозволяє проводити підготовці заходи по комплектуванню пересувного перевірконо-ремонтного підрозділу для проведення обслуговування автономних джерел електропостачання в місцях його постійного знаходження.

Список літератури

1. Оборона політика України (Біла книга). – К.: МО України, 2010. – 132 с.
2. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1982. – 231 с.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
4. Рейх Н.Н. и др. Метрологическое обеспечение производства / Н.Н. Рейх, А.А. Тупиченков, В.Г. Цейтлин. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 248 с.
5. Эксплуатация и метрологическое обеспечение измерительной техники / Г.П. Богданов, В.А. Кузнецов, М.А. Лотонов и др. / Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Радио и связь, 1989. – 310 с.
6. Вересков А.И. и др. Оптимизация системы метрологического обслуживания средств измерений на предприятии / А.И. Вересков., А.В. Шевырев // Измерительная техника. – 1990. – № 11. – С. 62-64.
7. Забежинский А.Д. Основные принципы деятельности метрологической службы крупного промышленного предприятия / А.Д. Забежинский. – М.: Машиностроение, 1984. – 51 с.

Надійшла до редколегії 25.12.2011

Рецензент: д-р техн. наук професор В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ
АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

С.В. Герасимов, С.В. Ольховиков

В статье показано повышение роли средств контроля при переводе автономных источников электроснабжения на эксплуатацию за техническим состоянием. Обоснованы особенности технического обслуживания и ремонта средств контроля на современном этапе в условиях роста вероятности их отказов. Предложена модель технического обслуживания и ремонта средств контроля в местах дислокации военных частей и подразделов.

Ключевые слова: средства контроля, автономные средства электроснабжения, техническое обслуживание.

**MODEL OF TECHNICAL SERVICE AND REPAIR OF CONTROLS
AUTONOMOUS SOURCES OF ELECTRIC SUPPLY**

S.V. Gerasimov, S.V. Ol'khovikov

In the article the increase of role of controls during a translation autonomous sources of electric supply is rotined on exploitation after the technical state. The features of technical service and repair of controls are grounded on the modern stage in the conditions of growth of probability of their refuses. The model of technical service and repair of controls is offered in the places of distribution of soldiery parts and subsections.

Keywords: controls, autonomous facilities of electric supply, technical service.