

УДК 621.192(035)

Б.Т. Кононов, Н.М. Рябуха

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ОБЕРТАННЯ АНТЕН РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ

*Дослідження шляхів підвищення надійності представляється як операція в рамках проведення якої знаходиться результат, що забезпечує досягнення мети операції.*

**Ключові слова:** задачі дослідження, умови проведення операції, результат операції, система обертання антени радіолокаційної станції.

### Вступ

**Постановка науково-технічної задачі дослідження.** Дослідження, які спрямовані на забезпечення цілеспрямованої діяльності на обґрунтування проектних, конструкторських й управлінських рішень щодо підвищення ефективності та надійності зразків озброєння і військової техніки вирішуються методами, що належать до теорії дослідження операцій [1].

Під поняттям операція звичайно [1] розуміють узгоджену сукупність дій, об'єднаних загальним змістом й єдиною метою. Власне кажучи, кожне дослідження спрямовано на те, щоб надати особі, яка приймає рішення, підстави для його обґрунтування. Перш за все, при плануванні операції з'ясовують тактико-технічні вимоги щодо її проведення й визначають наскільки технічні характеристики існуючих зразків озброєння і військової техніки спроможні задовільнити поставленим вимогам. В подальшому обґрунтовують технічні пропозиції щодо аналізу можливостей створення чи удосконалення зразка озброєння і військової техніки й отримання бажаних властивостей. При проведенні дослідження відбувається накопичення й обробка інформації відносно об'єкта, що створюється, в залежності від науково-технічного завдання, що вирішуються. Технічна система є активним засобом досягнення мети операції, а спосіб використання цієї системи, тобто дії дослідника (стратегії) визначаються показником ефективності тобто ступенем відповідності реального результату операції вимагаємому результату. Таким чином, дослідження спрямоване на підвищення надійності роботи систем обертання антен радіолокаційних станцій шляхом розробки безредукторного електропривода антен радіолокаційних станцій, можливо сформулювати як пошук рішення задачі  $\{Y\}$ , умови  $\{X\}$  якої відомі або визначені. В загальному випадку множина рішень науково-технічної задачі  $\{Y\}$  повинна описувати об'єкт й правила його вибору.

**Аналіз літератури.** При проведенні операції звичайно враховують такі визначальні чинники [2]:

- керуючу діяльність особи, що приймає рішення щодо організації операції на підставі раціональної стратегії використання активних засобів для досягнення мети операції;

- наявність активних засобів, які будуть використовуватися в операції відповідно до обраної стратегії її проведення;

- наявність інших засобів, які взаємодіють з активними засобами й враховують вплив зовнішніх факторів на процес проведення операції.

Перераховані чинники дозволяють дати відповідь на такі питання, як діяти, чим діяти та на що діяти для успішного виконання операції, тобто досягнення ідеального досягнення бажаного результату. Таким чином, способи та форми дій, їх характер та послідовність визначають певну упорядкованість в системі «мета-засоби-результат».

Звичайно [2], мету операції представляють в формалізованому вигляді деяким набором параметрів  $P_{\text{вим}}$ , а результат операції  $Y(P)$  визначають як певне співвідношення  $Q(Y)$  між корисним ефектом затраченими ресурсами  $C(Y)$  й часом проведення операцій  $T(Y)$  при використанні стратегії  $Y^*$ , тобто знаходять таку залежність

$$Y(P) = f[Q(Y), C(Y), T(Y)], \quad (1)$$

Для з'ясування ступеня відповідності реального результату операції  $Y_p(U)$  вимагаємому результату  $Y_{\text{вим}}(U)$ , зазвичай [2], вводять функцію відповідності  $\rho$

$$\rho = f[Y_p(p), Y_{\text{вим}}(p)]. \quad (2)$$

Математичне сподівання  $M$  функції (2) використовують в якості показника ефективності  $W(Y)$ , тобто

$$W(Y) = M\{f[Y_p(p), Y_{\text{вим}}(p)]\}. \quad (3)$$

Практичне використання методології системного дослідження й з'ясування характеру залежності

(1) – (3) обумовлено метою дослідження, об'єктом, що досліджується, ступенем невизначеності його поведінки й іншими обставинами.

**Мета статті** полягає в обґрунтуванні методики дослідження шляхів підвищення надійності роботи систем обертання антен радіолокаційних станцій.

## Основний матеріал

При визначенні шляхів підвищення надійності технічних систем, які використовуються в зразках озброєння і військової техніки, а саме в процесі з'ясування властивостей окремих елементів, що входять до складу комплексів озброєння і військової техніки, достатньо обмежитися такими методологічними рівнями аналізу як рівень «склад-властивості» й рівень «структура -функції».

Дослідження першого методологічного рівня пов'язані з визначенням характеристик окремих елементів складної системи як сукупності корисних властивостей. На підставі результатів аналізу відомих характеристик систем обертання антен радіолокаційних станцій військового призначення встановлено, що електричні двигуни, які використовуються в якості електроприводу, повинні працювати в діапазоні інфранизких частот обертання в умовах дії значних вітрових навантажень, отримуючи при цьому, в ряді випадків, для свого живлення електричну енергію низької якості.

Для різних типів РЛС використовуються різноманітні типи приводних двигунів й для отримання вимагаємих частот обертання антен використовуються механічні редуктори.

Сполучення електричний двигун – механічний редуктор суттєво знижує надійність системи обертання антен. Питання створення уніфікованого безредукторного електропривода для систем обертання антен РЛС хоча й ставилися, але можливості використання при цьому в якості привідного двигуна дугостаторного асинхронного електричного двигуна з короткозамкненим ротором навіть не розглядалися. Виходячи із визначень, прийнятих в теорії дослідження операцій [2], на першому методологічному рівні дослідження можливості створення безредукторного привода системи обертання антени РЛС на базі дугостаторного асинхронного електричного двигуна з короткозамкненим ротором пропонується з'ясувати лише як потрібно вдосконалити конструкцію такого електричного двигуна для отримання необхідних експлуатаційних та економічних характеристик.

В подальшому, при виконанні досліджень на другому методологічному рівні пропонується з'ясувати структуру системи обертання антени РЛС й розробити систему автоматичного управління електроприводом, враховуючи при цьому умови, в яких може працювати система обертання антени. При

цьому сама система обертання антени розглядається як підсистема, яка підпорядкована більш складній системі й повинна виконувати функції, які пов'язані з дотриманням таких вимог:

- вимагаємої частоти обертання антени,
- вимагаємої точності установки антени на заданий азимут,
- вимагаємого кутового діапазона сектора сканування,
- вимагаємого часу відпрацювання кута розузгодження тощо.

Перераховані різноманітні функції системи обертання антени РЛС дають підстави представити цю систему як  $A_0$  – систему I вважати, що дослідження цієї системи може розглядатися як операція.

Ефективність операції, яка проводиться в рамках  $A_0$  – системи, як правило [2], визначається узагальненим показником, частіше за все скалярним.

Таким чином, операція, ефективність якої визначається, повинна містити такі етапи:

1. Формування множини визначених та невивзначених чинників  $X$ , що впливають на проведення операції. На цьому етапі слід з'ясувати вплив на роботу системи обертання значних вітрових навантажень та нестабільної зовнішньої мережі електропостачання на такі параметри  $P$  як частота  $f$ , напруга  $U$  та струм  $I$  в основних робочих режимах (пуск привода, регулювання частоти обертання, зміна частоти обертання тощо). Вирішення перерахованих задач вимагає розробки математичної моделі  $Z$ , яка дасть змогу встановити зв'язок між параметрами об'єкта досліджень  $P(f, U, I)$  та множиною  $X$ .

2. Формування множини законів управління  $Y$  системою обертання антени, яка дозволить забезпечити функціонування системи і її захист в основних режимах роботи. Якщо вважати, що система існує в середовищі  $\{X \times p\}$  в множині моментів часу  $T$ , тобто

$$A_0 \rightarrow \{X \times p\} \times T, \quad (4)$$

а модель існування цієї системи

$$Z(A_0) \rightarrow \{X(Y) \times p\} \times T, \quad (5)$$

дозволяє знайти управління  $Y^* \in Y$ , яке забезпечує виконання мети операції

$$Y^* : W(Y^*) \geq W_{\text{вим}}, \quad (6)$$

де  $W(Y^*)$  – функція ефективності;

$W_{\text{вим}}$  – вимагаємий рівень ефективності.

Відповідно до (6) для досягнення мети дослідження необхідно вирішити такі задачі:

1. Визначення вимог до системи обертання антен.

2. З'ясування ступеня виконання цих вимог існуючими приводами.

3. Визначення протиріччя, сутність якого полягає в наступному: для отримання інфранизьких частот обертання антен РЛС потрібен механічний редуктор, наявність якого зменшує надійність системи обертання. Для подолання вказаного протиріччя необхідно розробити безредукторну систему обертання на базі асинхронного електричного двигуна з короткозамкненим ротором, але оскільки існуючі конструкції асинхронних двигунів неспроможні працювати при вимагаємих інфранизьких частотах, необхідно використати для системи обертання спеціальну конструкцію асинхронного двигуна, тобто використати дугостаторний асинхронний електричний двигун, в якому здійснюється електрична редукція частоти обертання.

4. Для з'ясування поведінки дугостаторного асинхронного двигуна в основних робочих режимах слід розробити математичну модель такого двигуна, використовуючи для цього диференціальні рівняння рівноваги напруг та моментів.

5. Для з'ясування особливостей роботи системи обертання в умовах вітрових навантажень необхідно визначити значення моментів опору, які діють на антену при різних швидкостях вітру та різних кутах повороту антени.

6. Отримання аналітичних співвідношень для з'ясування залежностей, які визначають зв'язок між параметрами системи  $p(f, U, I)$ , обертання та чинниками  $X$ , що впливають на її роботу, тобто отримання залежностей вигляду

$$P_i = \Phi_i(x).$$

7. Отримання закону управління електроприводом антени  $U^*$  в можливих робочих режимах роботи, при якому забезпечується досягнення мети операції та підтримуються вимагаємі параметри  $f^*, U^*, I^*$ .

8. Розробка структурної схеми системи управління електроприводом, яка забезпечить стабіліза-

цію параметрів й захист основних елементів, що входять до складу системи обертання антени.

9. Проведення експериментальних досліджень для оцінювання достовірності отриманих наукових результатів.

10. Впровадження результатів досліджень.

## Висновки

1. Дослідження шляхів підвищення надійності системи обертання антен радіолокаційних станцій слід розглядати як операцію, ефективність якої визначається корисним ефектом, затраченими ресурсами й часом її проведення.

2. Методика проведення зазначеної операції повинна передбачати формування множини чинників, які впливають хід операції, формування множини параметрів, які визначають допустимі умови функціонування системи обертання антени, розробки математичної моделі роботи розглядаємої системи в умовах дії збурень, які є наслідками атмосферних явищ й нестабільних показників якості електричної енергії, що живить електропривід.

3. Визначені завдання, виконання яких дозволяє досягнути мету дослідження.

## Список літератури

1. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдуевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 1: Методология. Организация. Терминология / Под ред. А.Н. Ренбезы. – 224 с.
2. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдуевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1988. – Т. 3: Эффективность технических систем / Под ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.

Надійшла до редколегії 7.12.2015

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.М. Більчук, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ВРАЩЕНИЯ АНТЕН РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

Б.Т. Кононов, Н.М. Рябуха

*Исследование путей повышения надежности представляется как операция, в рамках проведения которой находится результат, который обеспечивает достижение цели операции.*

**Ключевые слова:** задачи исследования, условия проведения операции, результат операции, система вращения антенны радиолокационной станции.

## JUSTIFICATION TECHNIQUE RESEARCH WAYS TO IMPROVE THE RELIABILITY OF THE SYSTEMS RADAR ANTENNA ROTATION

B.T. Kononov, N.M. Ryabukha

*Research of ways of increase of reliability appears as an operation, within the framework of lead through of which there is a result which provides achievement of purpose of operation.*

**Keywords:** research tasks, lead through operation condition, operation result, rotation system of the radar aerial.