

УДК 656.71.057:621.31(045)

АНАЛІЗ БАГАТОКАНАЛЬНИХ СИСТЕМ З ВІДМОВАМИ В КАНАЛАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ АЕРОДРОМНОГО СВІТЛОСИГНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

Л. В. Новачук

Національний авіаційний університет

E-mail: novachuk_liliya@ukr.net

Проаналізовано основні недоліки сучасних систем електроживлення аеродромного світлосигнального комплексу з використанням автономних дизель-генераторів. Досліджено багатоканальні системи з відмовами в каналах електроживлення.

Ключові слова: система електроживлення, аеродромний світлосигнальний комплекс, багатоканальна система.

The analysis of basic defects of the modern systems of power supply of light signaling complex of aerodrome with the use of autonomous diesel-generators are conducted. The analysis of multi-channel systems with rejections in the channels of electric power are conducted.

Keywords: electrical power system, light signaling complex of aerodrome, multi-channel system.

Вступ

Основоположними принципами діяльності цивільної авіації в ринкових умовах стали економічність і безпека польотів.

Істотний вплив на ці показники роблять ефективність функціонування, надійність та живучість систем електроживлення аеродромного світлосигнального комплексу (АСК).

За вимогами до надійності електропостачання АСК належать до електроприймачів першої категорії особливої групи [1], тому що перерви його електроживлення призводять як до порушення регулярності польотів повітряних суден, так і до критичних ситуацій, пов'язаних з прямою загрозою життю людей.

Аналіз систем електроживлення АСК [2; 3] показав, що можна виділити такі основні їх складові елементи:

– лінії електропередач (ЛЕП), що сполучають зовнішні джерела електропостачання з вхідними трансформаторними підстанціями;

– високовольтна мережа, що розподіляє електроенергію між трансформаторними підстанціями аеропорту;

– низьковольтна електрична мережа, яка передає електроенергію від низьковольтних щитів трансформаторних підстанцій до низьковольтних розподільних щитів, споживачам;

– дизель-генераторні установки автономного електроживлення АСК в аварійних ситуаціях.

Проведений аналіз [3; 4] показав, що суттєвим недоліком систем електроживлення сучасних АСК є велика кількість потрібних автономних дизель-генераторів, які повинні включатися в роботу за умови відмови одного з центральних джерел живлення.

Постановка задачі

Під час роботи АСК у категорійних метеорологічних умовах усі об'єкти I категорії особливої групи повинні живитися не менше, ніж від двох незалежних джерел живлення.

Водночас ускладнення схеми живлення за рахунок автономних джерел, які повинні включитися в роботу, призводить до зниження надійності систем електроживлення АСК у цілому, оскільки ймовірність відмови хоча б одного з них у разі вимкнення центрального джерела живлення достатньо велика.

Крім того, недоліками автономних джерел живлення з двигуном внутрішнього згорання є значні коливання напруги і частоти при підключенні номінального навантаження.

Так, наприклад, для агрегату АСДА-200 коливання напруги можуть досягти 20 % із заспокоєнням протягом 0,5 с, а частоти — 7 % із заспокоєнням протягом 3 с. Також вагомим недоліком включення автономних джерел у схему живлення АСК є потрібний час виходу на режим, для скорочення якого потрібен високовитратний режим гарячої прокрутки.

Для підвищення ймовірності надійного забезпечення електроенергією АСК в умовах комплексування їх джерел може використовуватися своєчасна інформація про наявність електроживлення від кожного з різних джерел енергії. При цьому виникає проблема їх раціонального об'єднання в єдиний комплекс — комплексну систему електроживлення.

Під комплексуванням гомогенних та негомогенних пристроїв електроживлення від різних за фізичною природою джерел енергії розуміється їх об'єднання в комплексовану систему, що дає

можливість безперебійного забезпечення АСК живленням, підвищення живучості систем, заводозахисності, надійності функціонування АСК аеропорту.

Мета роботи — провести аналіз багатоканальних систем електроживлення АСК у разі відмови.

Основний матеріал

Для практичного забезпечення безперебійного живлення аеродромного світлосигнального комплексу конденційними параметрами струму застосовується дублювання основного джерела живлення допоміжними, тобто до основного каналу електроживлення додаються допоміжні канали живлення. Отже, йдеться про багатоканальні гомогенні та негомогенні системи живлення. На сьогодні найбільш поширені штатні двоканальні джерела живлення АСК: головне — ЛЕП; допоміжне — дизель-генератор, недоліки якого були наведені вище. Наявність кількох джерел енергії, що побудовані на різних принципах отримання одного і того самого струму, можна використовувати для одночасного покращення параметрів живильного АСК струму та підвищення надійності забезпечення цим струмом та живучості системи у цілому.

У статті запропоновано провести параметричний аналіз багатоканальних систем електроживлення АСК. Параметричний аналіз полягає в обґрунтуванні необхідної та достатньої кількості показників, що дають змогу оцінювати бажані властивості комплексованої системи електроживлення [5].

У нашому випадку синтез — це процес визначення параметрів складових комплексної системи, при якому будуть задовольнятися умови безперебійного електроживлення АСК.

Завдання збереження якості й безперервності забезпечення АСК живленням суттєво ускладнюються в разі виникнення відмов в окремих каналах живлення.

Для отримання в цих умовах конструктивних результатів необхідно конкретизувати стан комплексної системи живлення з урахуванням моделі комплексування джерел, моделей їх відмов та кількості фізичної природи каналів живлення АСК. Для цього потрібна система спостереження стану комплексованої системи живлення.

В організації спостереження і вимірювання можливі три випадки: система цілком спостережувана, система частково прямо спостережувана і частково побічно спостережувана; система не цілком спостережувана. У перших двох випадках усі елементи матриці спостереження не нульові. У третьому випадку фактично спостерігається не весь вектор, а тільки його складові компоненти.

Пропонується використати байєсівську постановку задачі оцінювання вектора стану комплексованої системи живлення, що описується рівнянням стану вигляду [6; 7]:

$$X(k+1) = \Phi(k+1, k)X(k) + W(k), \quad (1)$$

Вектор стану спостережується багатоканальною системою, яка складається з M каналів (див. рисунок), при цьому кожний з каналів у певний момент часу може знаходитись або у справному стані, або у стані відмови.

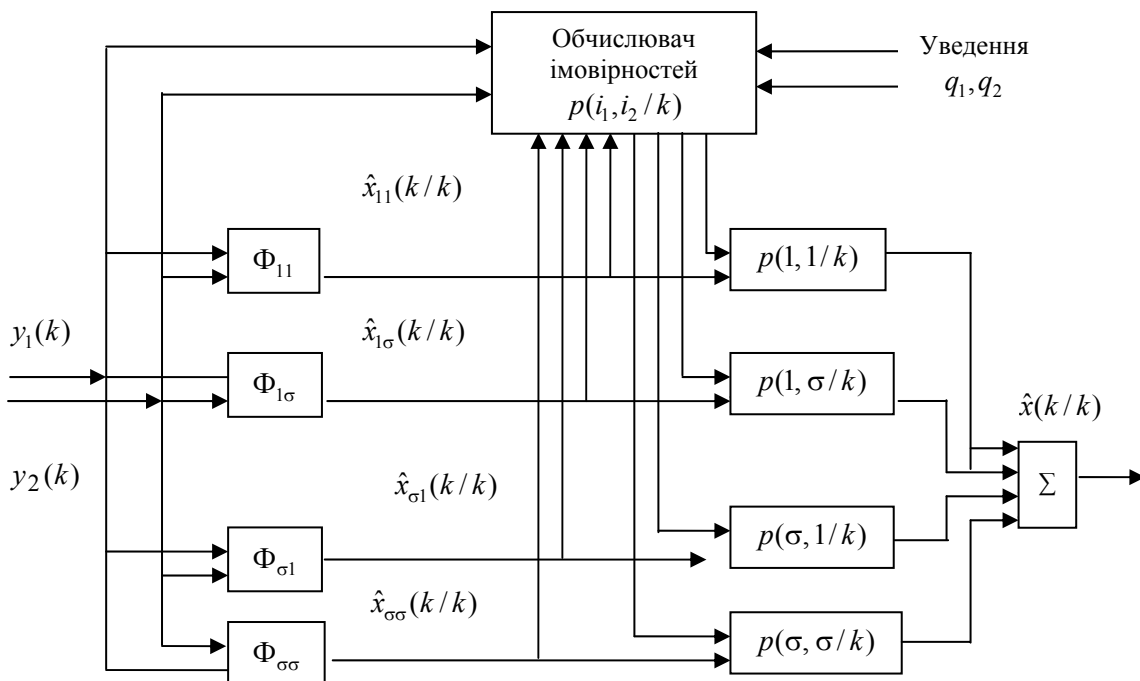


Рис. 1. Структурна схема ідентифікатора

Ідентифікатор системи складається з чотирьох блоків $\Phi_{11}, \Phi_{1\sigma}, \Phi_{\sigma 1}, \Phi_{\sigma\sigma}$, кожен з яких є узгодженим з визначною комбінацією можливих станів каналів живлення АСК, тобто комбінацією справних каналів та таких, що відмовили.

На виході вказаних блоків отримуються частинні оцінки

$$\hat{x}_{11}(k/k), \hat{x}_{1\sigma}(k/k), \hat{x}_{\sigma 1}(k/k), \hat{x}_{\sigma\sigma}(k/k),$$

які для визначення підсумкової оцінки $\hat{x}(k/k)$ підсумовуються з урахуванням вагових коефіцієнтів, у якості яких використовуються апостеріорні ймовірності окремих станів

$$p(i_1, i_2/k), \quad i_1, i_2 = \overline{1, \sigma}.$$

У справному стані шуми спостереження i -го каналу являють собою sM -вимірний гауссівський вектор з нульовим середнім й кореляційною матрицею K :

$$M[v(k)] = 0; \quad K[v_i(k)v_i^T(j)] = R_{ii}(k)\delta(kj),$$

де $v(\cdot)$ — випадковий вектор, що характеризує еволюцію структури комплексної системи; $\delta(kj)$ — символ Кроннекера.

Наявність умов у кожному каналі живлення викликає раптові зміни параметрів струму або його зникнення. У цьому випадку відповідна кореляційна матриця набуває значень:

$$K[v_i(k)v_i^T(j) = \sigma_i^2 R_{ii}(k)\delta(kj), \quad \sigma) \gg 1.$$

Отже, рівняння спостережень для i -го каналу живлення можна визначити у такому вигляді:

$$y_i(k) = H_i(k)x(k) + \gamma_i(k)v_i(k), \quad (2)$$

де $\gamma_i(k)$ — параметрична змінна, що набуває у нашому випадку двох значень: 1 та σ_i , що описує статистичні характеристики відмов у кожному з каналів.

Параметрична модель $\gamma_i(k)$ у нашому випадку може бути представлена трьома моделями:

1) $\gamma_i(k) = \gamma_i = \text{const}$ — постійна на інтервалі спостереження величина, що набуває значення 1 та σ_i з імовірностями q_i та $1 - q_i$ відповідно;

2) $\gamma_i(k)$ — незалежна на кожному кроці випадкова послідовність, що набуває значень 1 з імовірністю $q_i(k)$ й σ_i з імовірністю $1 - q_i(k)$;

3) $\gamma_i(k)$ — марковський ланцюг з двома станами, який описується матрицею перехідних імовірностей $P[\gamma_i(k)/\gamma_i(k-1)]$, елементи якої можуть бути або заданими, або обчислюватись у процесі фільтрації.

Для розв'язання поставленої задачі визначення стану комплексної системи живлення об'єднаємо рівняння спостережень окремих каналів вигляду (2) в єдиний вектор спостережень:

$$Y(k) = H(k)X(k) + \Gamma(k)v(k), \quad (3)$$

де $Y(k)$ — sM -вимірний вектор спостережень;

$$H(k) = [H_1^T(k) : H_2^T(k) : H_3^T(k) \dots H_M^T(k)]^T —$$

результуюча блочна матриця спостережень розміром $sM \times n$; $\Gamma(k)$ — випадкова діагональна матриця, елементами якої є параметричні змінні окремих каналів $\gamma_i(k)$ з заданими статистичними властивостями, тобто

$$\Gamma(k) = \begin{bmatrix} \gamma_{11}(k) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \gamma_{22}(k) & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \gamma_{MM}(k) \end{bmatrix};$$

де $v(k)$ — sM -вимірний вектор гауссівських шумів спостереження з нульовим середнім $M[v(k)] = 0$ і кореляційною матрицею:

$$R(k) = \begin{bmatrix} R_{11}(k) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & R_{22}(k) & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & R_{MM}(k) \end{bmatrix}.$$

Користуючись наведеними відомостями, в подальшому можна провести синтез багатоканальної системи ідентифікації стану системи живлення АСК при різних моделях вектора параметрів $\Gamma(k)$, що описує характер відмов в окремих каналах.

Висновки

Проаналізовано основні недоліки сучасних систем електроживлення аеродромного світло-сигнального комплексу з використанням автономних дизель-генераторів.

Виконано параметричний аналіз багатоканальних систем з відмовами в каналах електроживлення. Визначено, що параметрична змінна для багатоканальної системи електроживлення може бути представлена трьома моделями. В подальшому планується розробити алгоритми ідентифікації для трьох моделей окремо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго. — 6-е изд., перер. и доп. — М. : Госэнергонадзор, 2000. — 460 с.
2. Международная организация гражданской авиации. Руководство по проектированию аэродромов. Ч. 5. Электрические системы / Doc 9157-AN/901. — Р. 5. 1-е изд. — Монреаль : ИКАО, 1997. — 96 с.
3. Электрическое и светотехническое оборудование аэропортов: справ. / Ю. К. Величко, В. Д. Козлов, И. А. Зеленков [и др]; под ред. Ю. К. Величко. — М. : Воздушный транспорт, 1994. — 272 с.
4. Величко Ю. К. Электроснабжение аэропортов / Ю. К. Величко. — К. : КИИГА, 1996. — 132 с.
5. Мухин В. И. Исследование систем управления / В. И. Мухин. — М. : Экзамен, 2003. — 384 с.
6. Казак В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті / В. М. Казак. — К. : НАУ-друку, 2010. — 284 с.
7. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. — 5-е изд. — М. : Высш. шк., 1998. — 576 с.

Стаття надійшла до редакції 14.02.2012.