

УДК 623.418.2

Г.В. Мегельбей

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД КЕРУВАННЯ РОЗПОДІЛОМ ЕНЕРГЕТИЧНИХ (ЧАСОВИХ) РЕСУРСІВ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РЛС ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИ НАВЕДЕННІ ЗЕНІТНИХ КЕРОВАНИХ РАКЕТ НА ЦІЛІ

У статті розглядається метод керування розподілом енергетичних (часових) ресурсів багатофункціональної РЛС зенітного ракетного комплексу при наведенні зенітних керованих ракет на цілі, проводиться оцінка ефективності алгоритмів керування, що реалізовані у наведеному методі; наведено напрямки подальших досліджень використання синтезованих алгоритмів керування.

Ключові слова: енергетичні (часові) ресурси, багатофункціональна РЛС, зенітна керована ракета.

Вступ

Сьогочасні умови ведення протиповітряного бою вимагають зростання об'єму і якості радіолокаційної інформації. В сучасних і перспективних зенітних ракетних комплексах (ЗРК) багатофункціональна радіолокаційна станція (БФ РЛС) з фазованою антенною решіткою (ФАР) та обчислювальний комплекс складають основу інформаційної системи ЗРК. За допомогою БФ РЛС з ФАР ЗРК одночасно реалізують функції виявлення, супроводження повітряних цілей та наведення зенітних керованих ракет [1].

Як правило, програми та алгоритми функціонування БФ РЛС ЗРК закладені до обчислювального комплексу ще на етапі проектування та є незмінними. Досвід проведення у зарубіжних країнах робіт зі створення та модернізації БФ РЛС ЗРК показує, що забезпечити збільшення пропускної спроможності існуючих та перспективних БФ РЛС з ФАР можливо за рахунок розробки нових методів керування їх енергетичними (часовими) ресурсами [2].

Існуючі методи керування енергетичними (часовими) ресурсами БФ РЛС не дозволяють у повній мірі використовувати можливості сучасних радіолокаційних станцій ЗРК, в тому числі і у режимі наведення зенітних керованих ракет (ЗКР). Вони, як правило, передбачають використання рівномірних параметрів цього режиму, тобто виділення однакових енергетичних (часових) ресурсів на проведення пошуку цілей, вимірювання координат цілей і ракет та передачу команд керування декількома ракетами. До того ж послідовність проведення цих операцій у часі фіксована, що не завжди дозволяє вирішувати з належною ефективністю завдання, поставлені перед РЛС.

Таким чином, незмінний порядок функціонування БФ РЛС в реальних умовах бойової роботи приводить до зниження її потенційної пропускної спроможності, що в свою чергу може призвести до

пропуску цілей без обстрілу зенітним ракетним комплексом, і як наслідок, невиконання поставленого бойового завдання ЗРК.

Наведене протиріччя пропонується вирішити за рахунок розподілу енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС ЗРК у режимі наведення зенітних керованих ракет на цілі для збільшення її пропускної спроможності.

Метою статті є викласти метод керування розподілом енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС ЗРК при наведенні зенітних керованих ракет на цілі та результати оцінки ефективності алгоритмів керування.

Викладення матеріалів досліджень

Задача керування розподілом енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС відноситься до класу багатокритеріальних задач оптимального керування. Для вирішення багатокритеріальних задач оптимального керування необхідно вибрати часткові показники ефективності керування енергетичними (часовими) ресурсами в режимі наведення ЗКР [3,4].

У загальному вигляді задача керування енергетичними (часовими) ресурсами БФ РЛС із урахуванням обмежень і допущень [5-6] визначена як пошук оптимального керування енергетичними (часовими) ресурсами РЛС у режимі наведення з урахуванням особливостей етапів польоту ракет.

Робота БФ РЛС у часі організується таким чином, що цикл роботи станції тривалістю $T_{\text{ц}}$ поділяється на k ($k = 1, 2, \dots, K_p$) дискретних відрізків часу (сеансів зв'язку) на протяжні яких відбувається звернення до ракет, кількість та тривалість яких визначається тактичними характеристиками ЗРК (рис.1).

Складання розкладу роботи БФ РЛС проводиться один раз на деяку кількість сеансів зв'язку станції з ракетами. Їх сумарна кількість пропорційна енергетичним (часовим) ресурсам, що витрачає БФ РЛС у циклі роботи.

Для врахування особливостей польоту ракет на різних етапах режиму наведення в залежності від потрібної точності, цикл роботи станції $T_{\text{ц}}$ поділяється на два інтервали, що відповідають етапу виведення ракет на кінематичні траєкторії $[k_0, K_1]$ та етапу наведення ракет $[k_{1+1}, K_p]$ [6].

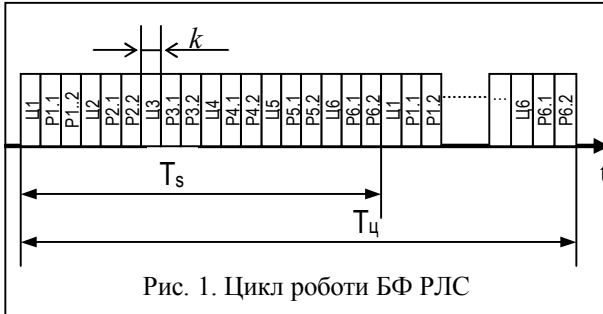


Рис. 1. Цикл роботи БФ РЛС

При постановці задачі оптимального керування розподілом енергетичних (часових) ресурсів станції в режимі наведення ЗКР у роботах [5-7] обґрунтовано вибір керування параметрів, математичних моделей, які описують процес керування, критерій ефективності керування.

При цьому визначено, що у загальному випадку процес наведення ЗКР описується моделями руху ЗКР та спостережень за параметрами руху ЗКР [5-6].

Відповідно до цих моделей обрані параметри керування БФ РЛС: моменти проведення вимірювання параметрів траєкторії ракет та видачі команд керування, а також рівень (величина) команд керування ЗКР [5-6].

Метод керування розподілом енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС при наведенні ЗКР на цілі визначає послідовність вибору окремих алгоритмів оптимального керування розподілом енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС при реалізації режиму наведення ЗКР та полягає у наступному.

На першому етапі вирішується задача оптимального керування енергетичними (часовими) ресурсами БФ РЛС при виведенні ракет на кінематичні траєкторії. За критерій ефективності при цьому обрано критерій мінімуму часу виводу всіх ракет на кінематичні траєкторії з обмеженнями на керуємі параметри при забезпеченні заданої точності наведення (обмеження на величину допустимих промахів) [7]. Початковими умовами для цього етапу координати і-ї ЗКР $(\varepsilon_{\text{оів}}, \beta_{\text{оів}})$, що вимірюються на етапі захвату ракети та кореляційні матриці помилок оцінок їх вимірювання. Для реалізації рішення задачі синтезовано алгоритм оптимального керування енергетичним ресурсом БФ РЛС на етапі виводу ЗКР з урахуванням неодночасного виведення усіх ракет на кінематичні траєкторії. Пошук рішення здійснюється шляхом комбінації регулярного й випадкового пошуку, що дозволяє досягти глобального екстремуму при будь-яких початкових умовах.

На основі отриманого рішення на етапі виводу вирішується задача оптимізації керування енергетич-

ними (часовими) ресурсами БФ РЛС на етапі наведення ракет. При цьому цільовою функцією керування обрано критерій мінімуму витрати енергетичних (часових) ресурсів з обмеженнями на керуємі параметри та при виконанні вимог по точності наведення ракет у точці зустрічі ракет з ціллю [5]. Початковою інформацією на цьому етапі є координати ЗКР, що вимірюються наприкінці етапу виводу $(\varepsilon_{\text{іон}}, \beta_{\text{іон}})$ та кореляційні матриці помилок оцінок їх вимірювання.

Для реалізації рішення задачі керування розподілом енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС синтезовано:

алгоритм оптимального керування енергетичними (часовими) ресурсами БФ РЛС на етапі виведення ракет на кінематичні траєкторії (пошук рішення здійснюється шляхом комбінації регулярного й випадкового пошуку, що дозволяє досягти глобального екстремуму при будь-яких початкових умовах);

алгоритм пошуку оптимальної послідовності проведення вимірів координат ракет на етапі наведення (формування плану проведення спостережень за ракетами на етапі наведення);

алгоритм пошуку оптимальної величини команди керування польотом усіх ракет, що наводяться у циклі роботи БФ РЛС на етапі наведення ЗКР.

Маючи рішення задач керування енергетичними (часовими) ресурсами БФ РЛС на кожному з етапів режиму наведення ЗКР та з урахуванням різних вимог по точності на етапах польоту ЗКР знаходиться рішення задачі відповідно до обраного показника ефективності [5-6].

Метод керування енергетичними (часовими) ресурсами БФ РЛС ЗКР у режимі наведення ЗКР повинен мати таку обчислювальну структуру (алгоритми керування), яка враховує технічні особливості РЛС. Відповідно до цього, для розподілу енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС при наведенні ЗКР на цілі, алгоритми керування роботою станції повинні будуватися таким чином, щоб обробка інформації проводилася відповідно до особливостей роботи БФ РЛС ЗКР як технічного засобу.

Для врахування особливостей роботи БФ РЛС ЗКР при обмеженні на ресурси обчислювального комплексу БФ РЛС багатоканального ЗКР синтезовано субоптимальний алгоритм керування спостереженнями за ЗКР при їх наведенні на основі локального критерію якості. Його сутність полягає у тому, що вихідна послідовність вимірів формується таким чином, щоб плануємі виміри розташовувались на початку та наприкінці етапу наведення ракет, що суттєво зменшує час обчислення.

Таким чином, метод керування розподілом енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС при наведенні ЗКР на цілі враховує неодночасне виведення ракет на кінематичні траєкторії в циклі роботи БФ РЛС, обмеження на ресурси обчислювального комплексу БФ РЛС багатоканального ЗКР, та дозволяє одержати програму роботи БФ РЛС на різних часових інтервалах режиму наведення ЗКР на цілі.

Оцінка ефективності методу керування розподілом енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС при наведенні ЗКР на цілі проводилась шляхом дослідження наведених алгоритмів, які реалізують цей метод. Для цього проведено математичне моделювання функціонування БФ РЛС ЗРК. Дослідження проводилося з використанням у якості показника ефективності виграшу у пропускній спроможності БФ РЛС ЗРК по кількості об'єктів (ракет), що супроводжуються, - N_p , за рахунок використання нових рішень при розподіленні енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС між ракетами, що наводяться у циклі роботи. Моделювання здійснювалося виходячи з наступних умов. У якості БФ РЛС розглядалися станції, які здатні одночасно реалізовувати супроводження цілей та наведення ракет. При цьому припускалось, що виділення енергетичних (часових) ресурсів на реалізацію режиму супроводження цілей здійснюється за відповідними програмами та алгоритмами обчислюваного комплексу ЗРК. Для БФ РЛС ЗРК здійснювалося наведення до 8...12 ракет по 2...6 цілям, які знаходяться у зоні огляду БФ РЛС (в зоні пуску ЗРК). Оцінка ефективності методу керування розподілом енергетичних (часових) ресурсів БФ РЛС показала, що використання алгоритмів керування, які реалізують наведений метод, дозволяє підвищити пропускну спроможність БФ РЛС по кількості ракет при реалізації режиму наведення на 11...23% в залежності від потрібної точності наведення ракет, характеристик потоку цілей та ракет/

Висновки

Умовою збільшення інформаційних можливостей РЛС ЗРК є одночасне керування багатьма параметрами функціонування БФ РЛС у режимі наведення ЗКР таким чином, щоб у кожний момент часу вони приймали значення, які забезпечують оптимальність роботи станції. Одним з напрямків щодо реалізації наведеного методу розподілу енергетичних (часових) ресурсів у сучасних БФ РЛС є створення системи керування функціонуванням БФ РЛС на основі використання алгоритмів штучного інтелекту, що дасть можливість одночасного керування

параметрами БФ РЛС у режимі наведення. Необхідною умовою створення таких алгоритмів є наявність відповідних баз даних, що ґрунтуються на навчаючих наборах даних та (або) нечітких правилах. Складання таких баз даних є основним напрямком досліджень використання алгоритмів на основі штучного інтелекту у системі керування БФ РЛС ЗРК.

Список літератури

1. Галака О.І. Основні тенденції розвитку та ймовірні форми воєн і збройних конфліктів майбутнього / О.І. Галака, О.А. Ляшів, Ю.М. Павлюк // Наука і оборона. – 2007. – №4. – С. 15 - 23.
2. Shirley L. Coetzee. Multifunction Radar Resource Management using Tracking Optimisation / Shirley L. Coetzee, Karl Woodbridge, Christopher J. Baker // IEEE Proceedings - Radar, Sonar, Navigation. - 2003. - vol. 152, no. 3. - pp. 578 – 583.
3. Фарина А. Цифровая обработка радиолокационной информации. / А. Фарина, Ф. Студер. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
4. Лебедев А.А. Оптимальное управление движением космических летательных аппаратов / Лебедев А.А., Крайильчиков М.Н., Малышев В.В. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.
5. Кадубенко С.В., Мегельбей А.В., Толстолужская Е.Г. Метод оптимального управления энергетическим ресурсом многофункциональной РЛС зенитного ракетного комплекса // Системы управления навигации та зв'язку: збірник наукових праць. – К: ЦНДІНУ, 2007. – Вип. 3. – С. 103 - 106.
6. Мегельбей Г.В. Оптимізація керування енергетичним ресурсом багатofункціональної РЛС зенітного ракетного комплексу в режимі наведення зенітних керованих ракет / Г.В. Мегельбей // озброєння і військова техніка. – Х.: ХУ ПС. – 2007. – Вип.4(12). – С. 15 – 19.
7. Кадубенко С.В., Мегельбей Г.В., Левагин Г.А. Оптимальное управление энергетическим ресурсом многофункциональной РЛС зенитного ракетного комплекса на этапе вывода зенитных управляемых ракет на кинематические траектории // Системы обработки информации. – Х.: ХУ ПС. – 2007. – Вип.1(59). – С. 71-75.

Надійшла до редколегії 19.07.2012

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

МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ (ВРЕМЕННЫХ) РЕСУРСОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЛС ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ НАВЕДЕНИИ ЗЕНИТНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ НА ЦЕЛИ

Г.В. Мегельбей

В статье рассматривается метод управления распределением энергетических (временных) ресурсов многофункциональной РЛС зенитного ракетного комплекса при наведении зенитных управляемых ракет на цели, проводится оценка эффективности алгоритмов управления, которые реализованы в приведенном методе; приведено направление последующих исследований использования синтезированных алгоритмов управления.

Ключевые слова: энергетические (часовые) ресурсы, многофункциональная РЛС, зенитная управляемая ракета.

METHOD OF MANAGEMENT ALLOCATION OF POWER (TEMPORAL) RESOURCES MULTIFUNCTION RADAR ZENITHAL ROCKET COMPLEX AT AIMING OF THE ZENITHAL GUIDED ROCKETS ON PURPOSE

G.V. Megel'bey

In the article the method of management allocation of power (temporal) resources is examined multifunction radar zenithal rocket complex at aiming of the zenithal guided rockets on a purpose, the estimation of efficiency of algorithms is conducted managements which are realized in the resulted method; direction of subsequent researches of the use of the synthesized algorithms of management is resulted.

Keywords: power (sentinels) resources, multifunction radar, zenithal guided rocket.