

АЛГОРИТМ АДАПТАЦІЇ СИСТЕМ РАДІОАКУСТИЧНОГО ЗОНДУВАННЯ АТМОСФЕРИ ДО ЗМІН ЗОВНІШНИХ УМОВ

Карташов О.В., Кондрашов І.Є.

Науковий керівник- д.ф.-м.н., проф. Тихонов В.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

каф. МІРЕС, м. Харків, Україна

e-mail: oleksandr.kartashov@nure.ua

The report analyzes the methods of adapting radio acoustic atmospheric sounding systems, known from the literature, to changes in external conditions, and shows their shortcomings. It is proposed to use the theory of dynamic optimization for the synthesis of the optimal adaptation algorithm, to consider the appropriate optimality criteria for controlling the parameters of sounding systems. As a result of research, a new and improved method of radio acoustic sounding of the atmosphere is proposed, which considers the influence of the external environment on the operation of the system and ensures an increase in the main qualitative indicators of sounding systems.

Системи радіоакустичного зондування атмосфери (РАЗ) дозволяють вимірювати основні параметри атмосфери: температуру повітря, швидкість вітру, вологість повітряних мас, параметри турбулентності [1,2]. Найчастіше на практиці застосовуються вимірювання температурних профілів, отримання яких засноване на використанні залежності швидкості звуку в атмосфері від температури, і на частковому відбитті електромагнітних хвиль від періодичних неоднорідностей щільності повітряного середовища, створюваних звуковою хвилею.

Основні обмеження систем РАЗ щодо точності та оперативності отримання температурних профілів середовища пов'язані з порушенням умови Брегга по трасі зондування, фізичною причиною яких є зміна довжини хвилі акустичних коливань в атмосфері внаслідок зміни швидкості звуку з висотою. Це призводить до суттєвого зменшення амплітуди відбитого радіосигналу, а, отже, до зменшення відношення сигнал-шум на вході пристрою оцінювання інформативних параметрів і зменшення точності вимірювань параметрів середовища [1,2].

Умова Брегга, що визначає співвідношення довжин зондувальних сигналів, записується наступним чином [3]

$$\lambda_e = 2\lambda_s \sin \theta, \quad (1)$$

де - λ_e довжина електромагнітної хвилі; λ_s - довжина хвилі акустичних коливань; θ - кут між фронтом акустичної хвилі та напрямом поширення радіохвилі.

З метою забезпечення максимально можливого відношення сигнал-шум на вході пристрою вимірювання систем РАЗ застосовуються алгорит-

ми адаптації до змін зовнішніх умов, які, як правило, реалізуються за допомогою змін частот зондуючих акустичних і електромагнітних сигналів. При цьому зміни частоти акустичного сигналу дозволяють компенсувати так звані повільні зміни характеристик середовища, а зміни частоти електромагнітного сигналу - швидкі зміни параметрів середовища, викликані переміщенням зондуючого акустичного хвильового пакету у атмосфері, тобто, зміни параметрів середовища із висотою.

Підвищення вимог до функцій управління радіоелектронними системами змушує використовувати при проектуванні адекватний математичний апарат. Таким апаратом є теорія оптимальної динамічної оптимізації, що широко використовується в теорії оптимального управління.

Завдання проектування оптимальної системи управління можна сформулювати в такий спосіб [1]: заданий об'єкт чи процес управління; використовуючи деяку інформацію про його стан, потрібно знайти закон управління або керуючу послідовність впливів, що призводять до максимуму або мінімуму задану сукупність критеріїв якості системи.

Очевидно, що завдання управління частотою зондувального радіосигналу для виконання умови Брега по трасі зондування, іншими словами, для отримання відбитого від пакета радіосигналу максимальної потужності відноситься до завдань управління спостереженнями. Характеристики відбитого сигналу залежать від стану об'єкта зондування - акустичного пакета, а також від параметра управління, що визначає частоту зондуючого сигналу. Частота зондуючого радіосигналу вибирається так, щоб отримати максимально можливу амплітуду відбитого сигналу та забезпечити найкращу якість прийняття рішення - оцінки інформативних параметрів сигналу.

Розрізняють два варіанти завдання часу керування. У першому випадку управління вибирається з умови забезпечення екстремуму критерію в кінцевий момент часу та критерій називається термінальним (фінітним). У другому випадку критерій називається поточним чи локальним; тут потрібно забезпечити екстремум функціоналу у кожний момент часу.

Сигнали управління системи повинні бути обрані так, щоб траєкторія зображувальної точки у фазовому просторі задовольняла певний критерій оптимальності. Критерій оптимальності визначається, виходячи з сенсу розв'язуваної задачі [4,5]. Як такий критерій можуть бути обрані різні показники, наприклад точність, продуктивність та інші характеристики.

Вибраний критерій оптимальності системи враховує поведінку як вектору стану, так і вектору управління [5]. Важливість цих двох членів визначається вибором відповідних матриць. Оскільки критерій імовірнісний, використовуються операції математичного очікування, тобто. оцінюється якість ансамблю систем. Зазвичай такий критерій якості виду інтерпретують як критерій виду «помилка системи плюс зусилля, що управляє», тобто, він є компромісом між помилкою системи та керуючим зусиллям.

Вибраний для вирішення даної задачі квадратичний критерій якості має одну важливу особливість, яка дозволяє значно спростити розв'язання задачі оптимального синтезу алгоритму оптимального управління частотою радіосигналу. Ця особливість пов'язана з існуванням так званого принципу стохастичної еквівалентності (принцип або теорема поділу). Даний результат займає основне місце у завданнях синтезу оптимальних управлінь у лінійних та нелінійних системах при випадкових збуреннях і широко використовується в теорії та на практиці.

Для лінійних систем теорема поділу формулюється так [3]: оптимальний регулятор при випадкових гаусових процесах і квадратичному критерію якості являє собою послідовне з'єднання оптимального лінійного фільтра для оцінки вектору стану і детермінованого оптимального регулятора. Цей важливий результат дозволяє звести завдання управління до двох послідовно вирішуваних окремих завдань стохастичної фільтрації та детермінованого управління. У цьому випадку матриця передачі зворотного зв'язку системи управління залежить від стохастичних параметрів завдання, а оптимальний фільтр залежить від виду критерію якості управління.

Відповідно до цього пристрій оптимального управління частотою зондувального радіосигналу являє собою послідовне з'єднання дискримінатора, оптимального лінійного фільтра та детермінованого регулятора.

Список використаних джерел:

1. Ситнік О. В., Карташов В. М., Радіотехнічні системи. Навч. Посібник. Х.: Сміт, 2009. 448 с.
2. Карташов В. М., Тихонов В. А., Олейников В. Н. Обработка сигналов в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга атмосферы. Харьков: ХНУРЭ, 2014. 312 с.
3. Карташов В. М. Модели и методы обработки сигналов систем радиоакустического и акустического зондирования атмосферы. -Харьков: ХНУРЭ, 2011. 230 с.
4. Oleksandr Sotnikov, Vladimir Kartashov, Oleksandr Tymochko, Oleg Sergiyenko, Vera Tyrsa, Paolo Mercorelli, Wendy Flores-Fuentes. Methods for Ensuring the Accuracy of Radiometric and Optoelectronic Navigation Systems of Flying Robots in a Developed Infrastructure. Chapter 16// Machine Vision and Navigation. -Springer, Cham. pp.537-578.
5. Murrieta-Rico, F.N., Sergiyenko, O.Y., Petranovskii, V., Hernandez-Balbuena D., Linder, L., Tyrsa, V., Rivas-Lopez M., Nieto-Hipolito, J.I., Kartashov, V.M. Pulse width influence in fast frequency measurements using rational approximations. Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 2016, v.86. PP. 67-78.