

$$\Delta U_{Bki} = [P_{Bki}'' R_B + Q_{Bki}'' X_B] / U_{0cpki}^B; \quad \delta U_{Bki} = [P_{Bki}'' X_B - P_{Bki}'' R_B] / U_{0cpki}^B;$$

– напруги на вищій стороні трохобмоточних трансформаторів

$$\underline{U}_{Bki} = (U_{0cpki}^B + \Delta U_{Bki}) - j\delta U_{Bki}; \quad U_{Bki} = \sqrt{(U_{0cpki}^B + \Delta U_{Bki})^2 + (\delta U_{Bki})^2};$$

– втрати потужності в обмотках вищого напруги трохобмоточних трансформаторів

$$\Delta S_{Bki} = \Delta P_{Bki} + j\Delta Q_{Bki} = \{[(P_{Bki}'')^2 + (Q_{Bki}'')^2] / (U_{0cpki}^B)^2\} (R_B + jX_B);$$

– потужності на вищій стороні трохобмоточних трансформаторів

$$\underline{S}_{Bki}' = P_{Bki}' + jQ_{Bki}' = \underline{S}_{Bki}'' + \Delta S_{Bki};$$

– втрати потужності в поперечних ветвях схеми заміщення трохобмоточних трансформаторів  $\Delta \underline{S}_{Xki} = G_T (U_{Bki})^2 + jB_T (U_{Bki})^2;$

– приведені навантаження вузла електричної мережі з трохобмоточними трансформаторами з урахування втрат в поперечних ветвях схеми заміщення

$$\underline{S}_{Pki} = P_{Pki} + jQ_{Pki} = \underline{S}_{Bki} = \underline{S}_{Bki}' + \Delta \underline{S}_{Xki}.$$

#### Список литературы

1. Барбашов И. В., Омеляненко Г. В. Расчет установившихся режимов разомкнутых электрических сетей в примерах и задачах : учеб. пособ. Харьков : НТУ «ХПИ», 2018. 164 с.

УДК 621.396.96

Глуценко А. О., аспірант

Науковий керівник: Обод І. І., д.т.н., професор

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

### ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КООПЕРАТИВНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Необхідною умовою успішного виконання завдань, що стоять перед повітряними силами Збройних сил й Управлінням повітряним рухом України є наявність надійного інформаційного забезпечення. Для зазначених відомств інформаційне забезпечення полягає в одержанні споживачем координатної інформації спостережуваного повітряного об'єкту, а також додатково польотної інформації про його стан і параметри руху [1]. Можна стверджувати, що повну картину навколишнього оточення дають спільно первинні [2–3] й вторинні [4–5] радіолокатори. Кооперативні системи спостереження [6–8], до

яких відносяться вторинні радіолокатори вирішують такі основні інформаційні задачі:

- визначення координат повітряного об'єкту;
- отримання польотних даних з борту повітряного об'єкту;
- ідентифікації державної приналежності повітряного об'єкту.

Таким чином кооперативні системи спостереження відносяться до одного з основних джерел отримання даних про повітряний об'єкт. Це обумовлено тим, що інформація, отримана від літакових відповідачів повітряного об'єкта, є більше повною й достовірною.

Однак, побудова зазначених інформаційних систем за принципом несинхронної відкритої мережі та принципу обслуговування сигналів запиту у вигляді одноканальної системи масового обслуговування з відмовами [2, 3] суттєвим чином знижує пропускну спроможність кооперативних систем спостереження при наявності в каналах запиту та відповіді навмисних завад.

Крім того використання позиційного коду у якості модуляції польотних даних, що передається з борту повітряного об'єкта на наземні пункти управління суттєвим чином знижує ефективність та якість передачі даних. Це пов'язано:

- по-перше з тим що за рахунок визначення коду за фронтом сигналів, що приймаються, потребує суттєвого збільшення смуги пропускання приймальних трактів і як наслідок зниження відношення сигнал/шум;

- по друге з тим що робить неможливим збільшення кількості розрядів передаваних даних без суттєвого збільшення часової бази коду відповіді і, як наслідок, зниження пропускну спроможності інформаційних систем, що розглядаються.

В роботі показано, що використання інтервально-часових кодів у якості інформаційного сигналу передачі польотних даних потребує розширення смуги пропускання приймача вище оптимальної, так як потребує роботи за фронтом сигналу, що приймається. Це дає додатковий програш відносно сигналу до завади. Для існуючих форматів передачі польотних даних цей програш дорівнює приблизно 1,8 дБ.

В докладі розглянута можливість використання сучасних методів модуляції, які використовуються у телекомунікаційних системах, у каналах передачі польотних даних кооперативних систем спостереження без зміни приймально-передавальних трактів. Наведені розрахунки показали, що використання КАМ-16 чи ФМ-16 забезпечують достатню імовірність помилок на біт інформації у зоні обслуговування каналів передачі даних кооперативних систем спостереження при використанні характеристик існуючих літакових відповідачів та забезпечують суттєве зменшення часової бази інформаційного сигналу відповіді у порівнянні з існуючим позиційним кодом.

Проведено порівняльний аналіз часової бази сигналу відповіді при використанні позиційного коду та сучасних видів модуляції при передачі 12 розрядного коду (існуюча ситуація) та при збільшенні числа розрядів інформації, що передається каналом передачі, до 50 та 100 розрядів. Показано,

що часова база сигналу відповіді при КАМ модуляції ( $K=16$ ) та швидкості кодування  $V_k=5/6$  зменшуються відповідно у 50, 94 та 93 рази.

Список літератури

1. Агаджанов П. А., Воробьев В. Г., Кузнецов А. А. Автоматизация самолетовождения и управления воздушным движением. М. : Транспорт, 1980. 342 с.
2. Ткачев В. В., Даник Ю. Г., Жуков С. А., Обод І. І., Романенко І. О. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони. К. : МОУ, 2004. 342 с.
3. Обод І. І., Стрельницький О. О., Андрусевич В. А. Інформаційна мережа систем спостереження повітряного простору. Харків : ХНУРЕ, 2015. 270 с.
4. Stevens M. Secondary surveillance radar. Boston : Artech House, 1988. 206 p.
5. Brian L. Stevens, Frank L. Lewis, Eric N. Johnson. Aircraft control and simulation: dynamics, controls design, and autonomous systems. John Wiley & Sons, 2015. 768 p.
6. Siemiejczyk M., Krzykowska K., Rosiński A. Reliability Assessment of Cooperation and Replacement of Surveillance Systems in Air Traffic. *Proceedings of the Ninth International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX*. 2014. Pp. 403–411.
7. Noise Immunity of Data Transfer Channels in Cooperative Observation Systems: Comparative Analysis / I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev et al. // International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), Ukraine, Kharkiv, 9–12 Oct. 2018. Kharkiv, 2018. Pp.509–512.
8. Optimization of Data Transfer in Cooperative Surveillance Systems / I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev et al. // International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), Ukraine, Kharkiv, 9–12 Oct. 2018. Kharkiv, 2018. Pp. 539–542.