

*І.І. ОБОД*, д-р техн. наук, НТУ "ХПІ",  
*Г.Е. ЗАВОЛОДЬКО*, НТУ "ХПІ",  
*М.Ю. ОХРИМЕНКО*, НТУ "ХПІ"

## **ЄДИНЕ КООРДИНАТНО-ЧАСОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯК ОСНОВА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРОТИРІЧ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

Показано, що розв'язування протиріч функціонування інформаційної мережі систем спостереження може бути засноване на спадкоємному переході до синхронної інформаційної мережі систем спостереження, концептуальними основами створення якої повинні бути: єдине координатно-часове (часове) забезпечення всіх інформаційних засобів мережі; прив'язка керуючих сигналів інформаційних засобів до визначеного (відомим споживачам) значення шкали часу системи та розподілена обробка інформації в інформаційних засобах.

**Ключеві слова:** інформаційна мережа систем, синхронна інформаційна мережа, система спостереження.

**Постановка проблеми й аналіз літератури.** Радіотехнічні системи спостереження (СС), утворені системами первинної радіолокації (ПРЛ) і вторинної радіолокації (ВРЛ), у значній мірі визначають рішення задач, що стоять перед органами, які контролюють використання повітряного простору держави. Реалізація первинного і вторинного радіолокаторів на принципі сполученої СС (при цьому первинний радіолокатор є ведучим) породжують визначені складності при їхньому спільному функціонуванні. Ці складності обумовлені, в основному, принципом побудови систем ВРЛ.

Первинний радіолокатор, як показали останні військові конфлікти, у його традиційній побудові, перетворився з інформаційного засобу в засіб небезпеки. Дійсно, створення високоточної зброї й оцінка місця розташування випромінюючих об'єктів (радіолокаторів) засобами радіорозвідки поза зоною видимості радіолокатора не залишають шансів захисту останнього від вогневого впливу. Одним з ефективних способів зниження уразливості ПРЛ до вогневого впливу є перехід від однопозиційної до багатопозиційної (БП) [1 – 3], зокрема до мережної [4 – 6], побудови.

Вторинний радіолокатор, що вирішує класифікаційну задачу ідентифікації повітряних об'єктів (ПО), побудований за принципами: несинхронної мережі та відкритих систем масового обслуговування (СМО) з відмовами. Реалізація в ньому принципу обслуговування першого, правильно прийнятого, запиту не дозволяють віднести його до завадостійких систем. Така побудова систем ВРЛ дозволяє затверджувати, що супротивник одержує від таких систем значно більше інформації з порівняння зі стороною, що експлуатує їх [7]. Крім того, сучасні системи ВРЛ не мають можливості роботи в рознесеному режимі. Ця особливість не дозволяє вирішити

інформаційну задачу ідентифікації ПО без розміщення на приймальних пунктах (не випромінюючих) БП РЛС систем ВРЛ, тобто випромінюючих об'єктів, що приводить до демаскування приймальних пунктів БП РЛС. Таким чином, сучасна побудова первинних і вторинних радіолокаторів обумовило ряд протиріч у їхньому спільному функціонуванні.

**Мета роботи** – розв'язування протиріч спільного функціонування систем ПРЛ і ВРЛ у сполученому і рознесеному режимах роботи.

**Основна частина.** Існуюче угруповання систем ПРЛ базується на використанні одиночних СС, що утрудняє забезпечення прийнятної якості живучості і завадостійкості останніх. При цьому необхідно відзначити, що всі радіолокаційні засоби утворюють несинхронну мережу, що приводить до появи несинхронних внутрішньо системних завад. Для забезпечення електромагнітної сумісності несинхронних засобів звичайно змінюють частотний діапазон аналогічних радіолокаційних засобів, що веде природно до зниження їхніх функціональних можливостей. Дійсно, у цих умовах відсутня можливість виявлення ПО на "прольоті", що є ефективним засобом виявлення літаків з малою надбивною здатністю [8].

Важливим напрямком підвищення ефективності ПРЛ є створення БП РЛС [2, 3]. Основним достоїнством таких систем є підвищення живучості і завадозахисності в порівнянні з однопозиційними. Це обумовлено територіальним розносом передавальної і приймальної позицій. Однак, як впливає з більшості відомих робіт [1 – 3], БП РЛС розглядаються як системи, що складаються з передавальної і декількох приймальних позицій, з'єднаних за допомогою лінії зв'язку з передавальною. Отже, живучість таких БП систем визначається в основному живучістю передавальної позиції. Винос передавальної позиції в глибину "своїх" територій тільки трохи ускладнює вогневий вплив по ній. Усе це вказує на те, що при розглянутій структурі побудови БП РЛС, її живучість несуттєво відрізняється від живучості однопозиційних РЛС. Це протиріччя обумовлене асинхронністю мережі БП РЛС і, як наслідок, неможливістю реалізації як кооперативного прийому сигналів, так і управління часом та містом вилучення зондуємого сигналу. Перехід до мережної побудови РЛС, що передбачає створення синхронної інформаційної мережі (СІМ) [3], завдяки можливості кооперативного прийому сигналів та управління часом та містом вилучення зондуємого сигналу, істотно розширює можливості підвищення живучості останніх.

Однак, підвищити живучість СІМ, не розв'язавши проблеми ідентифікації ПО на приймальних пунктах, неможливо. Це змушує включення до складу СІМ систем ВРЛ. Розташування систем ВРЛ на передавальному пункті СІМ не дозволяє провести ідентифікацію ПО на приймальних пунктах СІМ. Розташування ж системи ВРЛ на приймальному пункті СІМ цілком демаскує приймальний пункт СІМ, що усуває основну перевагу рознесеного прийому сигналів. Це вказує на протиріччя забезпечення живучості рознесених систем

первинної локації при їхньому спільному функціонуванні із системами ВРЛ. Це протиріччя обумовлене принципом побудови мережі систем ВРЛ.

Існуючі системи ВРЛ, побудовані на вищевказаних принципах, дозволяють супротивникові, як придушувати останні, так і несанкційовано їх використовувати. Це протиріччя, в основному, обумовлено принципом побудови мережі систем ВРЛ.

Побудова існуючого угруповання систем ВРЛ на несинхронному рівні значно обмежує можливості обробки сигналів запиту, що надходять, у літаковому відповідачі (ЛВ). Дійсно, принцип роботи ЛВ заснований на обслуговуванні першого, що надійшло СЗ, що природно приводить до істотного обмеження пропускної здатності і завадостійкості.

Вищевикладені протиріччя роздільного і спільного функціонування СС показані на рис.1. Як показано вище, зазначені протиріччя обумовлені принципами побудови систем первинної і вторинної локації.

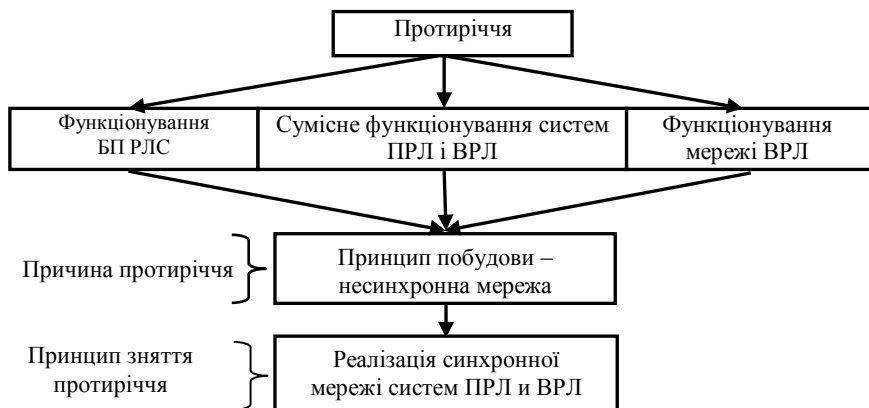


Рис. 1. Класифікація протиріч в функціонуванні ПРЛ і ВРЛ

Перераховані технічні складності як роздільного, так і спільного функціонування систем ПРЛ і ВРЛ указують на актуальність перерахованих задач, а також принципову складність рішення останніх без об'єднання систем первинної і вторинної локації у єдину СІМ.

Реалізація СІМ передбачає єдине координатно-часове забезпечення всіх елементів мережі, тобто створення синхронної мережі (СМ) систем ПРЛ і ВРЛ. Це дозволяє погодити процеси одержання й обробки інформації в розрізних інформаційних засобах, і визначає розв'язування технічних протиріч, практично не розв'язуваних в існуючих СС, у тому числі і дозволяє розв'язати протиріччя як роздільного, так і спільного функціонування систем первинної і вторинної радіолокації.

Створення СМ потребує створення єдиної шкали часу (ШЧ) мережі, по якій синхронізується ШЧ елементів мережі. Для цього кожен елемент мережі

забезпечується високостабільним опорним генератором часу й організується система передачі сигналів синхронізації.

Точність сучасних атомних генераторів лежить у межах  $10^{-14}$  –  $10^{-15}$  і збільшується останнім часом на порядок кожні сім років. Вже в недалекому майбутньому, як видно, будуть реалізовані стандарти частоти, що володіють точністю  $10^{-17}$  –  $10^{-18}$ . Крім розробки точних годинників, необхідно вирішити задачу високоточної синхронізації генераторів часу, що реалізують єдину шкалу часу.

Поняття синхронізації тісно зв'язано з поняттям одночасності. Дійсно, синхронізовані ШЧ повинні одночасно виробляти однойменні часові імпульси. Саме поняття одночасності у загальній теорії відносності не є однозначним. Однак можна затверджувати, що єдиним несуперечливим визначенням одночасності є наступне визначення. Для аналізу будь-яких явищ можна ввести деяку чотирьохмірну систему координат (СК), що має одну часову координату (можна називати координатний час даної СК) і три просторових. Дві події, фіксовані в деякій СК значеннями  $(t_1, x_1, y_1, z_1)$  і  $(t_2, x_2, y_2, z_2)$ , вважаються одночасними щодо цієї СК, якщо відповідні їм значення часової координати збігаються:  $t_1 = t_2$ . Надалі таке визначення одночасності (і відповідне йому визначення синхронізації ШЧ) будемо називати координатним. Зазначене визначення дозволяє у рамках загальної теорії відносності ввести єдину самоузгоджену ШЧ у всіляких областях простору-часу і з будь-якою розумною точністю. Той факт, що вибір СК, за координатним часом якої виробляється синхронізація, довільний, не повинний викликати занепокоєння: від синхронізації за координатним часом однієї СК легко перейти до синхронізації за координатним часом будь-якою іншою СК. Це твердження дуже важливе для реалізації СМ систем первинної і вторинної локації. Дійсно, системи ВРЛ функціонують на деякому регіональному рівні, а системи первинної локації – на територіальному. Реалізація СІС систем ПРЛ на регіональному рівні ускладнить роботу останньої, за рахунок надлишкового числа розрядів кодування часу. Дійсно, для узгодження СМ систем ВРЛ і ПРЛ необхідною умовою є наявність загального джерела синхронізації, тобто джерела, за часом якого синхронізуються часові шкали СМ систем ВРЛ і ПРЛ. Відлік же часу в системах ВРЛ і ПРЛ може бути довільний, але відомий споживачам. Це дозволить погодити надходження інформації із систем ВРЛ і ПРЛ при їхньому спільному функціонуванні.

Єдине координатно-часове забезпечення є основою для створення рознесених систем первинної локації з кооперативним прийомом інформації, що дозволяє підвищити живучість систем ПРЛ, так як завдяки синхроністи роботи пунктів вдається управляти не тільки часом вилучення зондуючого сигналу, але і містом вилучення цього сигналу. Це також є основою для реалізації спільного функціонування розосереджених систем первинної і

вторинної локації, без якого неможливо зберегти основний позитивний ефект рознесених систем первинної локації – живучість. Це досягається можливістю роботи систем ВРЛ як у рознесеному режимі [4], так і других режимах, при яких непотрібно розташовувати запитувач системи ВРЛ на приймальному пункті СІС.

Єдине координатно-часове забезпечення, як показано у [3], дозволяє реалізувати спадкоємний перехід до завадостійких систем ВРЛ, у яких виключена можливість несанкціонованого використання ЛВ супротивником.

Методи забезпечення синхронізму в групі просторово рознесених опорних генераторів часу відрізняються великою різноманітністю. Однак їх можна класифікувати відповідно до застосовуваного алгоритму синхронізації. Класифікація СМ приведена на рис. 2.

Як впливає з приведеної класифікації, СМ можуть бути реалізовані з застосуванням як єдиного координатно-часового (необхідна і достатня умова для систем з рухливими елементами) забезпечення, так і єдиного часового (необхідна і достатня умова для систем з нерухомими елементами) забезпечення.

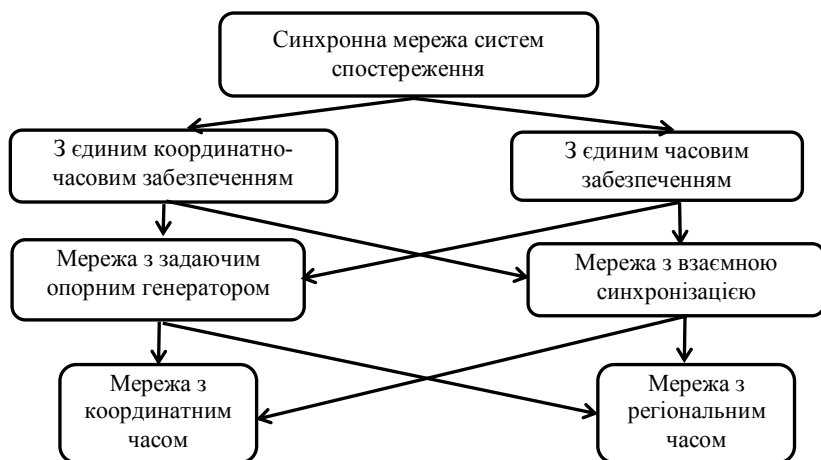


Рис. 2. Класифікація синхронних мереж

Однак нами надалі буде використовуватись поняття і плетіохронної мережі (ПМ). Дійсно, у залежності від характеру керуючих сигналів, що забезпечують синхронізацію, загальний клас мереж з передачею сигналів часу можна розбити на дві основні категорії, а саме ПМ і СМ. При цьому необхідно помітити, що в поняття ПМ вкладається відсутність постійної передачі сигналів часу на кожний з пунктів даної системи. Тому що нами, надалі, будуть розглядатися радіолокаційні системи первинної і вторинної локації з короткочасною просторовою когерентністю, то побудова мережі може бути і

на плезіохронному рівні. У цьому випадку передбачається періодична передача синхросигналів на пункти системи.

У СМ всі опорні генератори синхронні по фазі і частоті, тоді як у ПМ такого синхронізму не домагаються. Однак у мережі звичайно використовуються дуже стабільні опорні генератори з надзвичайно малими частотними зрушеннями і дрейфом. У кожному пункті ПМ має свій власний прецизійний опорний генератор, а керуючі сигнали для координації роботи генераторів часу постійно не передаються. При цьому на початку роботи домагаються, щоб різниця у відліку часу дорівнювала нулю. Оскільки опорні генератори ПМ не залежні, їхні власні частоти трохи розрізняються. Ця різниця частот викликає лінійно зростаючу в часі погрішність між генераторами мережі. Накопиченню часової помилки між пунктами мережі сприяють і інші фактори, наприклад, відхід частоти і фазовий шум. У зв'язку з цим у кожному елементі синхронної мережі час визначається часовим процесом, тобто функціональною залежністю часу елемента мережі від часу мережі, який є ідеальним, а саме для  $i$ -го елемента мережі  $T_i(t)$ . Часова погрішність може, у кінцевому рахунку, перевищити припустиме значення, і тоді роботу мережі приходится припиняти для приведення опорних генераторів у вихідний стан. Проміжок часу між коректуваннями залежить від якості опорних генераторів і припустимої розбіжності в часі опорних генераторів мережі. При реалізації такої мережі в системах первинної і вторинної локації періодичним сигналом синхронізації може бути сигнал просторової синхронізації, що може бути виділений при опроміненні передавальною позицією приймального пункту. Цей принцип дозволяє значно знизити вимоги до стабільності опорних генераторів.

Достоїнства ПМ полягають у простоті реалізації. Головний же недолік таких мереж зв'язаний з необхідністю їхніх частих коректувань. Необхідно помітити, що така мережа реалізована в глобальних супутникових системах навігації GPS і Глонасс.

Така ж мережа, як нами показано вище, може бути реалізована в системах первинної і вторинної локації, тобто в ланцюзі часової і просторової синхронізації передавальний – приймальні пункти, а також у рознесений мережі системи ВРЛ. При цьому необхідно відзначити, що сам передавальний (ведучий) пункт такої мережі повинний бути погоджений за часом зі ШЧ мережі.

Таким чином, при нами розглянутому варіанті реалізації ПМ вона може бути віднесена до частково СМ.

**Висновок.** Розв'язання окремих протиріч спільного функціонування систем первинної та вторинної радіолокації при сполученому і рознесеному режимах роботи можливо шляхом переходу до синхронних інформаційних мереж систем первинної і вторинної радіолокації. Концептуальними основами створення СІМ повинні бути:

- єдине координатно-часове (часове) забезпечення всіх інформаційних засобів мережі з необхідними показниками якості;
- прив'язка керуючих сигналів інформаційних засобів до визначеного (відомим споживачам) значення ШЧ системи;
- розподілена обробка інформації в інформаційних засобах СІМ;
- поєднання інформації систем первинної і вторинної радіолокації на координатному рівні.

**Список літератури:** 1. *Фарина А., Студер Ф.* Цифровая обработка радиолокационной информации. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с. 2. *Черняк В.С.* Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993. – 415 с. 3. *Farina A., Studer F.A.* Radar Data Processing Introduction and Tracking. Vol. 1. Research Studies Press. Letch worth England, 1985. – P. 121–123. 4. *Lok J.J.* C<sup>2</sup> for the air warrior // *Jane's International Defense Review*. – October 1999. – V. 2. – P. 53–59. 5. Теоретичні основи побудови завадозахищених систем інформаційного моніторингу повітряного простору / *В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков, І.І. Обод, І.О. Романенко*. – К.: МОУ, 2004. – 271 с. 6. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони // *В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков, І.І. Обод, І.О. Романенко*. – К.: МОУ, 2004. – 342 с. 7. *Обод И.И.* Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации. – М.: ЦИНТ, 1998. – 118 с. 8. *Обод И.И., Флоров А.Д., Гаврентюк О.В., Коваль И.В.* Потенциальные возможности обнаружения воздушных целей в синхронной сети систем первичной радиолокации с телевизионным подсветом // *ЗНП "Системи обробки інформації"*, 2005. – Вип. 3 (43). – С. 114–119.

УДК 621.396.962.38

**Единое координатно-временное обеспечение как основа разрешения противоречий информационной сети систем слежения / Обод И.И., Заволодько А.Э., Охрименко М.Ю.** // *Вестник НТУ "ХПИ"*. Тематический выпуск: Информатики и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2008. – № 24. – С. 113 – 119.

Показано, что разрешение противоречий функционирования информационной сети систем слежения может быть основано на преемственном переходе к синхронной информационной сети систем слежения, концептуальными основами создания которой должны быть: единое координатно-временное (временное) обеспечение всех информационных средств сети; привязка управляющих сигналов информационных средств к определенному (известному пользователям) значению шкалы времени системы, и распределенная обработка информации в информационных средствах. Ил.: 2. Библиогр.: 8 назв.

**Ключевые слова:** информационная сеть систем, синхронная информационная сеть, система слежения.

UDC621.396.962.38

**Universal coordinate-time maintenance as the resolution basis of the information contradictions of system tracing network / Obod I.I., Zavalodko A.E., Okhrymenko M.Yu.** // *Herald of the National State University "KhPI"*. Subject issue: Information science and modelling. – Kharkov: NSU "KhPI", 2008. – № 24. – P. 113 – 119.

The report confirms, that conflicts resolution of track systems informative network functioning of the track systems can be based on the successive passing to the synchronous informative network of the track systems, conceptual bases of creation of which must be following: single coordinate-time (time) providing of all of informative network facilities; attachment of informative facilities managing signals to the defined (known users) value of system time scale, and the distributed processing of information in informative facilities. Figs: 2. Refs: 8 titles.

**Key words:** information net system, synchronous information network, system of tracking.

*Поступила в редакцію 11.05.2008*