

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ВЗАЄМНИХ ПЕРЕШКОД

Д.П. Пашков¹, С.Є. Ломоносов²

¹Національна академія оборони України, Київ,

²Центр контролю та аналізу космічної обстановки)

В статті розглядається один із підходів щодо оцінки якості функціонування радіотехнічних систем в умовах електромагнітної обстановки.

кількісна оцінка, радіотехнічні системи, умови взаємних перешкод

Актуальність обраного напрямку. Забезпечення високої ефективності існуючих радіотехнічних систем (РТС) на сучасному етапі є актуальною проблемою [1]. Вирішення цієї проблеми у сфері виробництва [1 – 3] здійснюється шляхом створення РТС, здатних найкращим чином виконувати завдання, що стоять перед ними, а у сфері експлуатації – шляхом розробки та реалізації оптимальних методів їх використання.

Одним з найважливіших завдань підвищення якості функціонування РТС є вибір кількісної оцінки ефективності. Питання про вибір показників, придатних для використання у якості критерію ефективності, розглянуто в роботах ряду авторів [1 – 3], однак в кожному випадку розробляються індивідуальний підхід щодо оцінки якості функціонування РТС [3] на основі використання існуючого науково-методичного апарату.

Аналіз літератури. Аналіз джерел [1 – 3] показав що, для вирішення завдань оцінки ефективності радіотехнічних систем висунуті наступні вимоги: у повному обсязі та у встановлені терміни у відповідних умовах виконувати завдання, що стоять перед ними. Ступінь відповідності засобів даній вимозі називається технічною ефективністю. Таким чином, забезпечення високої якості функціонування сучасних РТС є вельми актуальною проблемою [1].

Мета статті. В статті розглядається один із підходів щодо оцінки якості функціонування РТС в умовах електромагнітної обстановки.

Вирішення задачі. Результати використання РТС за призначенням повинні бути не менше витрат на створення і обслуговування в процесі експлуатації. Ступінь відповідності засобів даній вимозі називається економічною ефективністю.

Отже, ефективність РТС визначається призначенням, а також результатами використання та витратами на їх створення і експлуатацію. В зв'язку з цим показники, призначені для використання у якості критерію ефектив-

ності радіоелектронних засобів, повинні в загальному випадку містити в своєму складі параметри або характеристики, що описують призначення, результати застосування, а також витрати на їх створення і експлуатацію.

На практиці оцінка якості функціонування частіше за все здійснюється у двох напрямках.

Критерій технічної ефективності є результатом порівняння призначення засобу і результатів його використання, тобто

$$E_T = E_T(W, W_H), \quad (1)$$

де W – результат використання засобу за призначенням; W_H – призначення засобу.

Критерій економічної ефективності – підсумок порівняння результатів застосування засобів і витрат на їх створення і експлуатацію, тобто

$$E_3 = E_3(W, C), \quad (2)$$

де C – витрати на створення і експлуатацію.

Існує узагальнений показник ефективності

$$E = \frac{W - C}{W_H}. \quad (3)$$

Але, як відзначено в [1], його основним недоліком є відсутність ясності і складність вираження W і W_H через вартість.

Надалі зупинимося тільки на критерії технічної ефективності, який в процесі експлуатації відіграє провідну роль.

Вид показника ефективності багато в чому визначається типом даної системи. Надалі обмежимося неодиноканальним РТС багатократного застосування.

В цьому випадку результат використання за призначенням РТС буде визначатися виразом

$$W_p = P_p W, \quad (4)$$

де P_p – імовірність успішного виконання РТС завдання, що стоїть перед ним.

У випадку, якщо у якості показника ефективності РТС взято одну або комплекс тактико-технічних характеристик, наприклад, дальність дії, точність, то ефективність характеризуватиметься набором величин

$$W_{pi} = P_{pi} W_i, \quad (5)$$

де i – індекс, що характеризує тактико-економічний показник.

Критерій технічної ефективності можна записати в двох видах

$$E_p = W \times W_p = W(1 - P_p); \quad (6)$$

$$\bar{E}_p = \frac{W_p}{W} = P_p. \quad (7)$$

В першому випадку (6) показник ефективності характеризує імовірність зриву виконання завдання, в другому (7) – імовірність виконання завдання.

Із (6) і (7) бачимо, що основною величиною, яка визначає ефективність РТС є P_p – імовірність успішного виконання радіотехнічною системою поставленого завдання. Величина P_p визначає і економічну ефективність[1].

Зміст показника РТС. Першим кроком при визначенні P_p є формулювання завдання, яке повинен виконувати піддослідний засіб. Зміст цього завдання повинен відображати призначення і умови використання піддослідного засобу. Розглянемо основні чинники, які необхідно враховувати при визначенні показника P_p : готовність засобу в потрібний момент бути використаним за призначенням; бути в справному стані упродовж всієї роботи; здатність засобу виконувати завдання в умовах різної протидії противника.

Відповідно до вказаних чинників, що визначають ефективність РТС, введемо величини, що їх визначають. Імовірність успішного виконання поставленого завдання радіоелектронними засобами, що мають абсолютну надійність і експлуатуються в простих умовах, називатимемо показником потенційної ефективності засобу і позначатимемо її через P_E .

Реальні РТС не мають абсолютної надійності. Поява несправностей в радіоелектронному засобі може здійснити серйозний вплив на успішність виконання завдання. Позначимо P_n – імовірність того, що за час виконання завдання РТС залишиться в справному стані, а P_{io} – імовірність того, що до початку виконання завдання засіб буде знаходитися в справному стані.

В реальних умовах РТС майже завжди експлуатуються в умовах взаємних перешкод. Це можуть бути перешкоди державних мовних станцій, ТВ центрів, КВ передавачів, аеродромних систем зв'язку і управління та ін. У зв'язку з цим введемо імовірність виконання завдання в умовах взаємних перешкод P_n .

Радіоелектронна протидія може здійснювати істотний вплив на успішність виконання радіоелектронними засобами своїх завдань. Ступінь впливу активної протидії характеризуватимемо імовірністю успішного виконання завдання РТС в умовах радіопротидії P_a .

Оскільки величини, що визначають значення показників P_i , P_{io} , P_n , P_E , P_a незалежні, то

$$P_p = P_i P_{io} P_n P_E P_a. \quad (8)$$

Питання визначення показника P_E висловлені в [1]. Показники надійності P_i і P_{io} можна розрахувати, використовуючи добре розроблений апарат теорії надійності. В специфічних умовах експлуатації РТС в мирний час показник $P_a = 1$, оскільки організовані активні перешкоди відсутні.

В той же час із зростанням числа працюючих РТС самого різного призначення, пов'язаного з все більш інтенсивним застосуванням радіоелектронних засобів як у державних користувачів, так і у приватних, домінуючим у виразі (8) стає показник P_n , що описує імовірність виконання завдання РТС в умовах взаємних перешкод.

Обґрунтування методики розрахунку імовірності успішного виконання РТС поставленого завдання. Як видно з визначення P_p , основою для її розрахунку повинна служити теорія перешкодостійких радіотехнічних систем.

Дослідженню впливу взаємних перешкод на працездатність РТС присвячено багато робіт [4, 5]. В одних з них використовується детермінований підхід і на основі вивчення електромагнітної обстановки (ЕМО) визначаються рівні, що приводять до зриву роботи, а на основі урахування часу роботи систем, що перешкоджають, визначається P_p . Такий підхід є дуже грубим, він враховує незначне число РТС, що перешкоджають і в умовах складної ЕМО не може правильно характеризувати працездатність системи. Інший підхід оснований на довготривалому контролі ЕМО і заміні її статистичних характеристик осередненими величинами. Такі характеристики не можна вважати достатньо повними, оскільки вони часто не описують реальних ситуацій. Можуть існувати випадки, коли перешкодозахищеність каналу зв'язку полягає в тому, що для розрахунку беруться осереднені моделі сигналів і перешкод, які не враховують статистичної структури останніх.

Найбільш повною оцінкою перешкодозахищеності РТС є імовірність помилок при передачі повідомлень, або середньоквадратична похибка параметра сигналу, що вимірюється. Зручність такого критерію полягає в тому, що вказані величини є функцією від відношення потужностей сигнал/перешкода, для розрахунку якого успішно використовується теорія перетворення енергетичних спектрів і кореляційних функцій. Останнє строго справедливо тільки при апріорно відомій формі перешкоди. Проте на практиці наперед встановити вид перешкоди не завжди можливо, на лінію зв'язку може діяти цілий ряд перешкод, вид яких важко точно встановити. З другого боку існує певне розділення видів сигналів для різних діапазонів. Застосування в даний час оптимальних методів передачі повідомлень дозволяє вважати, для таких радіоліній, що їх перешкодозахищеність визначається тільки енергетичними показниками перешкод і знання їх «тонкої структури» необов'язкове.

Окрім статистичної структури перешкод, при розрахунку перешкодозахищеності необхідно враховувати характеристики приймального пристрою. В більшості робіт [4, 5], що розглядають питання перешкодозахищеного радіоприйому, модель лінії зв'язку не включає лінійної частини приймача, припускаючи при цьому, що він має ідеальну П-подібну частотну характеристику і служить лише для посилення сигналу. Така модель акцентує вплив на системі обробки. Це значно знижує достовірність оцінки перешкодозахищеності, оскільки застосування в сучасних РТС складних приймальних пристроїв супергетеродинного типу з декількома ступенями перетворення частоти неминує приводить до таких небажаних явищ, як наявність паразитних прийому нелінійних взаємодій сигналу і перешкод у вхідних ланцюгах приймача. Все це призводить до того, що на вхід приймача можуть прохо-

дити перешкоди, що не потрапляють в основний канал і значно віддалені від нього по частоті. Отже, при розгляді питань перешкодозахищеності РТС доцільно в модель лінії зв'язку включити приймач, маючи на увазі під ним частину РТС від виходу антени до входу системи обробки.

В даний час достатньо повно розглянуто питання перешкодозахищеності різних методів передачі повідомлень. При цьому початковими даними вважається відношення потужностей сигнал/перешкода на вході системи обробки. Враховуючи те, що до числа основних тактико-технічних характеристик існуючих РТС входить максимальна можлива імовірність помилки прийому повідомлень або середньоквадратична помилка. На основі теорії перешкодозахищеності методів передачі повідомлень можна визначити $h_{\text{доп}}$ – допустиме мінімальне відношення сигнал/перешкода, при якому РТС забезпечує свої тактико-технічні характеристики, з умови:

$$P_{\text{ош}} \leq P(h_{\text{доп}}); \quad (9)$$

$$\delta_{\text{ош}} \leq \delta(h_{\text{доп}}), \quad (10)$$

де $\delta_{\text{ош}}$ – максимально допустиме середньоквадратичне відхилення оцінки параметра від його значення.

Тоді імовірність успішного виконання РТС поставленого завдання забезпечення заданих тактико-технічних характеристик в процесі роботи, можна визначити, як імовірність перевищення відношення сигнал/перешкода на вході приймального пристрою $h_{\text{доп}}$

$$P_p = P(h \geq h_{\text{доп}}). \quad (11)$$

Висновки. Для визначення імовірності (11) необхідно знати функцію розподілу відношення сигнал/перешкода на виході лінійної частини РПМУ, виражену через статистичні параметри ЕМО і характеристики приймального тракту. Знаючи функцію розподілу відношення сигнал/перешкода на виході РПМУ можна вирішити також задачу визначення довірчих меж зміни тактико-технічних показників в заданій ЕМО, що також є важливим критерієм оцінки працездатності РТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Невдяев Л.М., Смирнов А.А. Персональная спутниковая связь. – М.: Экотрендз, 1998. – 216 с.*
2. *Чердынцев В.А. Радиотехнические системы. – Минск.: Вышэйшая школа, 1988. – 369 с.*
3. *Гуткин Л.С. Проектирование радиосистем и радиоустройств. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.*
4. *Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники. – М.: Высш. шк., 2000. – 399 с.*
5. *Богданович Б.М., Окулин Н.И. Радиоприемные устройства. – Минск: Вышэйшая школа, 1991. – 428 с.*

Надійшла 5.04.2006

Рецензент: доктор технічних наук, професор С.В. Козелков,
Національна академія оборони України, Київ.