

УДК 621.396

Ю.А. Максименко.

Військова академія (м. Одеса), Україна

АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ СКЛАДНОЇ СИСТЕМИ РАДІОУПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ ВІД ТИМЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРАВЛІННЯ

У даній статті досліджуються питання про ступінь автоматизації процесу управління засобами захисту під час радіоуправління технічними засобами та доцільності використання в системі людини-оператора.

Ключові слова: *технічні засоби, система радіоуправління, тимчасові характеристики управління.*

Постановка проблеми

Специфіка радіоуправління технічними засобами обумовлює необхідність внесення в відомий науково-методичний апарат деяких змін і доповнень, що враховують сучасні умови в ефірі. Це може стосуватися переліку вихідних даних взаємодіючих радіоелектронних засобів, моделей поширення радіосигналів, критеріїв забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС), а також особливостей врахування методів зменшення впливу перешкод.

Ефективність управління багато в чому залежить від вибору й функціонування складної системи радіоуправління технічними засобами в умовах протидії.

На новому рівні формування обліку технічних засобів і технологій повстає проблема реальності статистичних гарантій забезпечення безперервного управління по радіо.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Із часом кількість електронних засобів неухильно росте й до них висуваються усе більш жорсткі вимоги з електромагнітної сумісності. Саме тому ведеться розробка нових методів і засобів боротьби з перешкодами. Надійність і безперебійність управління технічними засобами в Збройних Силах України у цей час у значній мірі визначається здатністю забезпечувати їхню роботу з урахуванням електромагнітної сумісності [1, 2].

Кількість і якість параметрів ЕМС технічних засобів визначається шляхом перевірок на спрацювання виробу, вимірів параметрів і випробувань на ЕМС, також проводяться дослідження використання в системі людини-оператора [3]. В останні роки вводяться в дію нові вітчизняні стандарти й методи випробувань, що регламентують обсяг сучасних вимог до технічних засобів по забезпеченню електромагнітної сумісності.

Питання вибору показників, придатних для використання критеріїв ефективності роботи систем, розглянуті в роботах ряду авторів [4, 5]. Зі збільшенням радіоперешкод збільшуються вимоги до систем по управлінню технічними засобами. Технічні засоби повинні бути здатними виконувати покладені на них завдання з урахуванням сучасної електромагнітної сумісності, що потребує подальших досліджень

Постановка задачі та її розв'язання

У даній статті досліджуються питання про ступінь автоматизації процесу управління засобами захисту під час радіоуправління технічними засобами та доцільності використання в системі людини-оператора. Мета статті – проведення аналізу залежності ефективності складної системи радіоуправління технічними засобами від тимчасових характеристик управління. Отримана залежність між ефективністю системи й характеристиками управління, що дає можливість на різних етапах роботи системи по радіоуправлінню технічними засобами вирішувати різні завдання забезпечення відповідного рівня ефективності функціонування системи. Ці дослідження потрібні для подальших розробок пристроїв по радіоуправлінню технічними засобами, які будуть більш пристосованими до експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

Викладення основного матеріалу

Визначення оптимальних стратегій управління засобами захисту від перешкод та протидії ним $\Xi^* \text{ і } H^*$ для різних випадків наявності інформації в протиборчих сторін приводить до необхідності обчислення ефективності функціонування складної системи радіоуправління технічними засобами у відповідності з обраним критерієм ефективності. Виразення для середнього значення ефективності E_{cp} включають у собі множини значень ефективності $E_{ij} (i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n})$ час однократного застосування й час впізнання засобів захисту та протидії, тобто

$$E_{cp} = E_{cp}(E_{ij}, T_i^x, T_j^y, t_i^x, t_j^y). \quad (1)$$

Ефективності E_{ij} визначаються засобами перешкод та протидії ним, що утворюють оптимальні змішані стратегії. При застосуванні засобу захисту X_i та засобу протидії y_j ефективність системи E_{ij} визначається технічними характеристиками зазначених засобів і носить статистичний характер. Час застосування й впізнання засобів захисту й протидії є тимчасовими характеристиками систем управління цими засобами й характеризують ефективність системи радіоуправління технічними засобами в динаміці. Для динамічної ефективності E_{cp} значення статичних ефективностей E_{ij} є граничними, причому система S_1 прагне досягтися значення

$$E_{cp1} = \min_j \max_i E_{ij} \text{ при } i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$$

а система S_2 працює на цій же частоті й створює перешкоди і прагне знизити ефективність E_{cp} до величини.

$$E_{cp2} = \max_i \min_j E_{ij} \text{ при } i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$$

Таким чином, отримана функціональна залежність між динамічною ефективністю E_{cp} , безліччю статичних ефективностей E_{ij} й тимчасовими характеристиками засобів захисту й протидії. Існуючий функціональний зв'язок дозволяє намітити два шляхи підвищення ефективності роботи технічних засобів E_{cp} удосконалювання технічних параметрів засобів захисту й удосконалювання управління засобами захисту. Відповідно розвиток засобів протидії йде по цих же напрямках.

Для оцінки якості управління засобами захисту може бути використаний наступний критерій

$$D = \frac{E_{cp} - \max_i \min_j E_{ij}}{\min_j \max_i E_{ij} - \max_i \min_j E_{ij}}, \quad (2)$$

де

$$\max_i \min_j E_{ij} < E_{cp} < \min_j \max_i E_{ij}$$

Пропонований критерій показує ступінь наближення динамічної ефективності E_{cp} до граничного значення $\min_j \max_i E_{ij}$. При $E_{cp} < \max_i \min_j E_{ij}$ коли $D < 0$, управління засобами захисту стає незадовільним, і система S_1 змушена відмовитись від управління, переходячи до мінімімального засобу захисту.

При $E_{cp} > \min_j \max_i E_{ij}$ коли $D > 1$, незадовільним стає управління засобами протидії, і анти система S_2 змушено застосовувати мінімаксимальний засіб протидії. При $D > 1$ має місце надмірність якості керування засобами захисту.

Узагальнений критерій ефективності управління технічними засобами може бути виражений через виділені критерії. Одним з таких виділених критеріїв є параметр підслідкування α . Завдання підвищення якості радіоуправління технічними засобами вирішується шляхом зменшення часу впізнання засобів протидії відносно часу їх однократного застосування.

Час впізнавання t_i^x є важливою характеристикою системи управління засобами захисту. Час t_i^x містить у собі:

- час перехідного процесу при зміні ефективності після зміни засобу протидії;
- час впізнавання застосовуваного засобу протидії;
- вибір засобу захисту й прийняття рішення на заміну засобу захисту;
- час включення засобу захисту;
- час перехідного процесу при зміні ефективності після зміни засобу захисту.

Вибір захисту й прийняття рішення на заміну захисту здійснюється відповідно до оптимальної стратегії управління, яка може бути стратегією подслідковування або змішаною стратегією. Впізнавання засобу протидії може здійснюватись за участю або без участі людини-оператора, тобто що потрібно виконати щоб радіоуправління технічними засобами здійснювалось при появі перешкод. При наявності в системі людини мінімально досяжний час впізнавання буде обмежений можливостями людини по аналізу засобів протидії, по виконанню нею операцій при впізнаванні, при прийнятті рішень і перехід до іншого засобу захисту. Час виконання зазначених операцій залежить від навченості оператора, від наявності досвіду роботи в подібних умовах.

Розглянемо коротко методику оцінки мінімальних часів упізнавання засобів протидії.

Діяльність оператора в процесі управління засобами захисту являє собою логічну послідовність окремих операцій. Впізнавання засобу протидії пов'язане зі сприйняттям і декодуванням зовнішнього потоку інформації, оскільки оператор має справу не із самим засобом протидії, а з його інформаційною моделлю. У процесі впізнавання, ухвалення рішення і його здійснення оператор може виконувати цілий ряд дій моторного характеру, перевіряти логічні умови, подавати команди і т.д.

У таблиці 1 як приклад приводяться середні значення часу, який витрачає оператор на виконання деяких операцій, що часто зустрічаються в діяльності оператора.

Таблиця 1

Середні значення часу, який витрачає оператор на виконання деяких операцій

№ з/п	Зміст операцій	Середній час (с)
1.	Сприйняття і декодування різних шкал	0,2
2.	Стрибокподібна зміна напрямку спостереження	0,02-0,04
3.	Сприйняття умовного звукового сигналу	0,15
4.	Сприйняття мовної команди з n фоном	$(0,05-0,15)n$
5.	Переключення уваги з одного звукового сигналу на інший	0,17
6.	Реакція на один з n можливих сигналів (формула Хіка)	$0,626lg(1+n)$
7.	Реакція на температурний подразник	0,25
8.	Тривалість фіксації погляду при рішенні перспективних завдань	0,15-0,6
	Переклад одноразово сприйнятої інформації в усвідомлений стан	0,23
	Перекодування слова в образ	1,2-1,5
	Виконання логічної операції « i »	0.6
	Перевірка логічних умов під час керування й контролю для числа логічних умов n	
	$n = 1$	3,5
	$n = 2$	4,5
	$n = 3$	6,75
	$n = 4$	11,5
	$n = 5$	21,5
2.	Простий хватальний рух руки	0,072
3.	Хватальний рух руки з поворотом	0,216
4.	Обертання руки із зусиллям	0,72

Продовження таблиці 1

№ з/п	Зміст операцій	Середній час (с)
5.	Переміщення руки на відстань 25 мм	0,072
6.	Переміщення руки на відстань більш 300мм	1,108
7.	Частота обертання правою (лівою) рукою (оберт/сек)	4,84 (4)
8.	Частота натиску правою (лівою) рукою (натиск/сек)	6,68 (5,3)
9.	Частота ударів правою (лівою) рукою (удар/сек)	5-14 (8)
10.	Поворот тулуба	0,72-1,62
11.	Нахил тулуба	1,26
12.	Пошук органів керування при складній реакції і числі органів 2-4	0,8
13.	Переміщення погляду від індикатора до органа керування при кутовому розмірі стрибка φ	0,25-0,04ф

Узагальнені дані по виконанню оператором більш складних операцій наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Узагальнені дані по виконанню оператором більш складних операцій

№ з/п	Зміст операцій	середній час (с)
1.	Пошук, сприйняття і декодування інформації при: простому пульті (1-7 приладів); пульті середньої складності (5-15 приладів); складному пульті (10-30 приладів).	0,6-3,5 2,5-7 5-15
2.	Ухвалення рішення на підставі: 1-го - 2-х логічних умов; 3-х - 4-х логічних умов; 5-ти і більше логічних умов	4,5+6,5 5+20 15+35
3.	Виконання ухваленого рішення при кількості органів керування: 1-10 7-20 15-60	1,5-4 3-7 5-10

Середні значення наведених у таблицях 1 і 2 – це час відноситься до середньо навченого оператора. Ступінь навченості оператора можна визначити за допомогою записаної в аналітичному виді моделі навчання

$$W(t) = W_{\max} - (W_{\max} - W_0) e^{-\frac{t}{t_0}} \quad (3)$$

де

$W(t)$ – рівень навченості оператора за час навчання t ,

W_{\max} – максимальний рівень підготовки оператора,

W_0 – початковий рівень навченості оператора,

t_0 – швидкість накоплення навичок.

Час виконання оператором якоїсь послідовності операцій T_{on} , випадково, і граничним законом розподілу цієї випадкової величини є гамма-розподіл

$$f(t_{on}) = \begin{cases} 0 & nput_{on} \leq 0 \\ \frac{b^a}{\Gamma(a)} t^{a-1} e^{-bt_{on}} & nput_{on} > 0 \end{cases}$$

де

$$a = \frac{M^2[T_{on}]}{D[T_{on}]}; \quad b = \frac{M[T_{on}]}{D[T_{on}]}; \quad \text{та } M[T_{on}] = \frac{a}{b};$$

При більших a та β Γ - розподіл прагне до нормального закону.

Якщо в процесі впізнання засобів протидії разом з оператором використовуються технічні засоби, то загальний час виконання операцій T_{Σ} складається з випадкового часу виконання частини операцій людиною й частини операцій – технічними засобами. Тоді мінімально можливий час виконання операцій технічними засобами T_{tex} приймається постійним, а всі його випадкові зміни включаються в T_{on} . В результаті для випадкової величини

$$T_{\Sigma} = T_{tex} + T_{on}$$

виходить зміщений Γ – розподіл

$$f(t_{\Sigma}) = \begin{cases} 0 & \text{якщо } t_{\Sigma} \leq T_{tex} \\ \frac{b^a}{\Gamma(a)} (t_{\Sigma} - T_{tex})^{a-1} e^{-b(t_{\Sigma} - T_{tex})} & \text{якщо } t_{\Sigma} > T_{tex} \end{cases}$$

В цьому випадку

$$m(t_{\Sigma}) = T_{tex} + \frac{a}{b} \quad \text{та} \quad G^2(t_{\Sigma}) = \frac{a}{b^2}$$

Наведена методика оцінки величин часу впізнання засобів протидії дозволяє вирішувати питання доцільності використання в системі людини-оператора, висувати вимоги до його навченості, робити виводи про ступінь автоматизації процесу управління засобами захисту.

Отримана функціональна залежність між ефективністю системи й характеристиками управління дає можливість на різних етапах роботи системи вирішувати різні завдання забезпечення відповідного рівня ефективності функціонування системи:

- визначення середнього значення ефективності, $E_{сер}$, вибір і оцінка управління засобами захисту для системи, що перебуває в експлуатації S_1 ;
- прогнозування якості функціонування системи протягом якогось періоду експлуатації, що перебуває на озброєнні системи;
- розробка вимог до тимчасових характеристик управління засобами захисту для забезпечення заданого рівня ефективності $E_{сер}$ на етапі модернізації системи;
- оцінка існуючого засобу, що й знову вводиться, захисту з урахуванням можливостей управління цим засобом, а також з обліком уже наявних засобів захисту й протидії й системи управління ними;
- пред'явлення спільних вимог до засобів захисту від перешкод і систем управління ними на ранніх етапах розробки та проектування системи радіоуправління технічними засобами S_1 і т.д.

Залежно від завдань які потрібно розв'язати параметри $E_{ij}, T_i^x, T_j^y, t_i^x, t_j^y$ можуть бути постійними або змінними. Для системи, що перебуває в експлуатації, ці параметри фіксовані, а при прогнозуванні ефективності системи вони стають функціями часу. При модернізації системи фіксованим є необхідний рівень ефективності $E_{сер}$. На етапах проектування й розробки вимог заданими можуть бути значення, і $E_{сер}$ прогнозовані технічні й тимчасові характеристики засобів протидії й системи управління ними.

Висновки

1. Задача розробки і впровадження нових методів і технічних рішень, які дозволять забезпечити управління по радіо технічними засобами з урахуванням електромагнітної сумісності, є однією з актуальних на сучасному етапі розбудови ЗС України. Можливість визначення рівня шумів і перешкод, які зустрічаються в радіоефірі, дозволяє ставити завдання побудови моделі технічної системи, яка буде оптимальною при експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

2. Проведення аналізу залежності ефективності складної системи радіоуправління технічними засобами від тимчасових характеристик управління та доцільності використання в системі людини-оператора можуть бути використані в подальших дослідженнях з розробки пристрою для управління технічним засобом, який буде більш пристосований до експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

3. Важливим напрямком подальших досліджень роботи систем по управлінню технічними засобами є здатність виконувати покладені на них завдання з урахуванням сучасної електромагнітної сумісності.

Перспективи подальших досліджень

Найбільш актуальним для продовження роботи із зазначеної проблеми є визначення й розрахунки кількості перешкод які впливають на радіотехнічний пристрій у точці приймання й передачі й розробка пристрою який буде більш оптимальний при експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

Список використаних джерел

1. Максименко Ю.А. Вихідні дані методик для визначення структури системи радіоуправління технічними засобами з урахуванням електромагнітної сумісності // *Сборник научных трудов SWORLD*. – Одеса, 2014. – №4(37). – С. 49–52.
2. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1983. - 234 с.
3. Галактионов А.И. Представление информации оператору. Библиотека по автоматике. – Вып. 350. – Энергия, 1969. - 34 с.
4. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – Наука, 1968. - 356 с.
5. Гуткин Л.С. Проектирование радиосистем и радиоустройств / Л.С. Гуткин. – М. : Радио и связь, 1986. - 288 с.

Рецензент: А.О. Левченко к.т.н., доцент, с.н.с., Військова академія (м. Одеса)

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ ОТ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

Ю.А. Максименко

В данной статье исследуются вопросы о степени автоматизации процесса управления средствами защиты во время радиоуправления техническими средствами и целесообразности использования в системе человека-оператора.

Ключевые слова: *технические средства, система радиоуправления, временные характеристики управления.*

ANALYSIS OF DEPENDENCE OF THE EFFICIENCY OF A COMPLEX SYSTEM FROM TIME TO TIME CONTROL PERFORMANCE TECHNICAL MEANS

Y. A. Maksymenko

This article explores the question of the degree of automation of security management at the time of radio technical means and the feasibility of using the system of the human operator.

Keywords: *technical means, radio control system, timing control.*