

УДК 657.257:681.32

КАМЕНЄВ О.Ю., аспірант (УкрДАЗТ)

## Удосконалення методів контролю параметрів системи мікропроцесорної централізації

Удосконалені методи контролю параметрів мікропроцесорної централізації, які базуються на її випробуваннях. Запропоновані методи імітаційних та комбінованих випробувань, які передбачають збільшення покриття функцій та елементів системи, а також зменшення апаратних ресурсів.

**Ключові слова:** мікропроцесорна централізація, імітаційні випробування, стендові випробування, комбіновані випробування, достовірність

### Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями

Основним фактором, який стримує масове впровадження систем мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів (МПЦ) на залізницях України, є необхідність гарантування безпеки їх використання. Вирішення проблеми полягає в контролі параметрів системи, пов'язаних з безпекою, на всіх етапах життєвого циклу.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення проблеми

Ефективним засобом контролю параметрів системи МПЦ є активний вплив на її складові з подальшою реєстрацією отриманих результатів, що досягається шляхом випробувань в процесі розроблення, виробництва, експлуатації та ремонту. Результати останніх досліджень щодо підвищення достовірності та зменшення ресурсоемності випробувань на безпеку використання наведені в працях [1 – 3].

### Виділення невирішених частин загальної проблеми

Невирішеною складовою проблеми дослідження безпеки використання систем МПЦ шляхом випробувань є забезпечення достатньої достовірності імітаційних випробувань та скорочення апаратних ресурсів на проведення стендових випробувань. Вирішення проблеми полягає в максимальному використанні реальних пристроїв верхнього та середнього рівнів системи, які складаються з автоматизованих робочих місць (АРМ) персоналу і підсистеми обробки логічних залежностей (ПОЛЗ), та властивостей спеціалізованої імітаційної моделі (СІМ) нижнього рівня, що складається з мікропроцесорних контролерів (МПК) та об'єктів керування і контролю (ОКК).

### Формування цілей статті

Метою статті є: удосконалення методу імітаційних випробувань шляхом використання СІМ тільки МПК та ОКК, за умови відтворення АРМ і ПОЛЗ реальним комп'ютерним обладнанням; розроблення методів комбінованих випробувань, як підвиду стендових, шляхом синтезу імітаційного та фізичного моделювання МПК та ОКК.

### Виклад основного матеріалу дослідження

В основу методу імітаційних випробувань закладається програмне моделювання нижнього рівня та інтерфейсу його взаємодії із середнім рівнем (ПОЛЗ), в той час як інші компоненти відтворюються реальними пристроями або їх аналогами. На базі умовної порядкової класифікації моделей, запропонованої в роботі [4], формалізований опис методу імітаційних випробувань системи МПЦ, що складається з триканальної ПОЛЗ, резервованого АРМ чергового по станції (ДСП) та одного АРМ електромеханіка (ШН) має наступний вигляд [5]:

$$model^{0 \vee 2 \vee 3}(MPC) = model^{2 \vee 3}(DF) \times \left\{ \begin{array}{l} model^{2 \vee 3}(DSP) \times model^{0 \vee 3}(int_{0,1}) + \\ + model^2(SHN) \times model^0(int_{0,1}), \\ [model^0(ARM_{DSP-1} \cup ARM_{DSP-2}) \times model^{0 \vee 3}(int_{0,1}) + \\ + model^0(ARM_{SHN}) \times model^0(int_{0,1})] \times model^0(int_{1,2}), \\ model^0(SER_1 \cup SER_2 \cup SER_3) \times \\ \times model^0(int_{1,2}) \times model^0(FILE_{int_{2,3}}), \\ model^3(\bigcup_{l=1}^k MPK \times A) \times model^0(FILE_{int_{2,3}}), \end{array} \right. \quad (1)$$

де  $DF$ ,  $DSP$ ,  $SHN$ ,  $ARM$ ,  $FILE$ ,  $MPK$ ,  $A$ ,  $int_{ij}$  – відповідно дестабілізуючі чинники, ДСП, ШН, АРМ, програмні файли та МПК, ОКК, інтерфейси взаємодії між рівнями (0 – персонал; 1 – верхній, 2 – середній, 3 – нижній).

Процедура випробувань, закладена в метод (1), полягає в їх повній або частковій автоматизації та резервованому протоколюванні результатів. Порядок взаємодії складових процесу випробувань наведений в праці [5].

Запропонований метод імітаційних випробувань дозволяє в повному обсязі виконати контроль

параметрів АРМ, ПОЛЗ та інтерфейсу між ними.

Для вдосконалення стендових випробувань розроблені методи комбінованих випробувань (МКВ). Вони базуються на відтворенні частини ОКК реальними МПК з фізичними макетами, а іншої частини – СІМ.

$$\left\{ \begin{array}{l} \exists(A_i \subset A) \rightarrow \left[ \begin{array}{l} \exists \left( [a_\vartheta \in A_i] \leftrightarrow [ll_{\vartheta\eta} \in \bar{ll}_i \in LL_i] \xrightarrow{\gamma_{i\eta}} [ml_\vartheta \in ML_i] \right) : \\ (a_\vartheta \rightarrow model^1(a_\vartheta)) \wedge (ll_{\vartheta\eta} \rightarrow model^0(ll_{\vartheta\eta})) \wedge (\gamma_{i\eta} \rightarrow model^0(\gamma_{i\eta})) \end{array} \right] \\ \exists(A_v \subset A) \rightarrow \left[ \begin{array}{l} \exists \left( [a_i \in A_v] \leftrightarrow [ll_{i\zeta} \in \bar{ll}_i \in LL_v] \xrightarrow{\gamma_{i\zeta}} [ml_i \in ML_v] \right) : \\ (a_i \rightarrow model^1(a_i)) \wedge (ll_{i\zeta} \rightarrow model^0(ll_{i\zeta})) \wedge (\gamma_{i\zeta} \rightarrow model^0(\gamma_{i\zeta})) \end{array} \right] \end{array} \right.$$

$$i, v = \overline{1, n}, \quad \vartheta = \overline{1, [A_i]}, \quad i = \overline{1, [A_v]}, \quad \eta, \zeta = \overline{1, m}, \quad \vartheta\eta \neq i\zeta, \quad (2)$$

де  $\bar{ll}_\vartheta$  та  $\bar{ll}_i$  – МПК, а  $ll_{\vartheta\eta}$  та  $ll_{i\zeta}$  – їх складові канали керування та контролю;

$a_\vartheta$  і  $a_i$  – підключені до МПК ОКК;

$ml_\vartheta$  та  $ml_i$  – програмні модулі відповідних ОКК у складі ПОЛЗ;

$i$  та  $v$  – номери груп МПК та ОКК, об'єднаних спільним інтерфейсом;

$\vartheta$  та  $i$  – номери МПК та ОКК у складі відповідно груп  $i$  та  $v$ ;

$\eta$  та  $\zeta$  – номери каналів у складі відповідно МПК

$\vartheta$  та  $i$ ;

$n$  та  $m$  – кількість відповідно груп МПК (ОКК) та їх каналів;

$A_i$  та  $A_v$  – групи ОКК, МПК, програмних модулів ПОЛЗ та драйверів.

Технічна реалізація МКВ виконується на базі комбінованого випробувального комплексу (КВК МПЦ), опис якого наведений в патенті [6]. В залежності від способу виконаного розмежування в межах МКВ розроблені наступні три методи випробувань, визначені згідно виразу (2):

1. Метод відокремлених груп (МВГ), який полягає в наступному: в межах кожної групи  $A_i \subset A$  порядок моделей кожного елемента  $\alpha_\vartheta = \{a_\vartheta, ll_\vartheta, ml_\vartheta\}_\vartheta$  та драйвера  $\gamma_i(\alpha_\vartheta) \in Y(\alpha_\vartheta)$  не змінюється для членів групи та пов'язаних з ними функцій:  $\alpha_\vartheta^{(p1, p1, p3=const)}$ ,

$\gamma_i^{(p4=const)}(\alpha_\vartheta)$ , де  $p1, p2, p3, p4$  – порядки моделей ОКК, МПК, програмних модулів та драйверів міжрівневої взаємодії; існує хоча б одна група  $A_i \subset A$ , для якої  $p1 = 1, p2 = 0, p4 = 0$  та хоча б одна група  $A_{k \neq i} \subset A$ , для якої  $p1 = 3, p2 = 3, p4 = 3$ .

2. Метод відокремлених об'єктів (МВО), який полягає в наявності хоча б однієї групи  $A_i \subset A$ , в межах якої існує хоча б одна пара елементів  $\alpha_\vartheta = \{a_\vartheta, ll_\vartheta, ml_\vartheta\}_\vartheta$ ,  $\alpha_{i \neq \vartheta} = \{a_i, ll_i, ml_i\}_i$  та відповідних їм драйверів  $\gamma_i(\alpha_\vartheta)$ ,  $\gamma_i(\alpha_i)$ , порядки моделей складових яких наступні: для елементів  $\alpha_\vartheta \leftrightarrow \gamma_i(\alpha_\vartheta)$ :  $p1 = 1, p2 = 0, p3 = 0, p4 = 0$ ; для елементів  $\alpha_i \leftrightarrow \gamma_i(\alpha_i)$ :  $p1 = 3, p2 = 3, p3 = 0, p4 = 3$ .

3. Метод відокремлених каналів (МВК), застосовний лише для систем, у складі нижнього рівня яких мають місце багатоканальні (резервовані) МПК. Вимогою до нього є наявність хоча б однієї групи  $A_i \subset A$ , в межах якої є хоча б один елемент

$\alpha_\vartheta = \{a_\vartheta, \bar{ll}_\vartheta, ml_\vartheta\}_\vartheta$ , та  $\bar{ll}_\vartheta = \langle ll_{\vartheta 1}, ll_{\vartheta 2}, \dots, ll_{\vartheta m} \rangle$ , для якого мають місце наступні порядки: для частини елементів  $\left( a_\vartheta \leftarrow ll_{\vartheta\eta} \xrightarrow{\gamma_{\vartheta\eta}} ml_\vartheta \right)$ :

$p1 = 1, p2 = 0, p3 = 0, p4 = 0$ ; для іншої частини  $\left( a_\vartheta \leftarrow ll_{\vartheta\mu} \xrightarrow{\gamma_{\vartheta\mu}} ml_\vartheta \right), \mu \neq \eta$ :  $p1 = 3, p2 = 3, p3 = 0, p4 = 0$ .

Вибір конкретного методу залежить від мети та обсягів випробувань.

Достовірність МКВ визначається на базі розподілу

Стюдента та методу максимальної правдоподібності. На прикладі системи типу МПЦ-С встановлено, що вже при трьох циклах випробувань над трьома системами представників МПК достовірність перевищує 95%. Ефективність МКВ оцінена за критерієм мінімуму МПК, на прикладі конкретної станції економія їх дослідних зразків порівняно з попереднім методом становить 8 разів. Процедура розрахунку достовірності й ефективності наведена в праці [5].

#### **Висновки з дослідження та перспективи подальших розвідок у даному напрямку**

Вдосконалений метод імітаційних випробувань та розроблені методи комбінованих випробувань дають можливість забезпечити значне тестове покриття функцій, умов, технологічних ситуацій та елементів системи МПЦ з мінімальними апаратними ресурсами. Подальші дослідження в цьому напрямку мають бути спрямовані на розроблення технології використання даних методів в умовах експлуатації системи МПЦ.

#### **Література**

1. Кустов, В.Ф. Основи теорії надійності та функціональної безпечності систем залізничної автоматики [Текст]: Навч. посібник для вузів / В.Ф. Кустов. – Х.: УкрДАЗТ, 2008. – 218 с.
2. Либерман, А.Н. Техногенная безопасность: человеческий фактор [Текст] / А.Н. Либерман. – СПб.: Изд-во «ВИС», 2006. – 104 с.
3. Ургансков, Д.И. Методы обеспечения и средства доказательства безопасности микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Д.И. Ургансков; ПГУПС. – С-Пб.: ПГУПС, 2003. – 219 с. – Библиогр.: С.189-203.
4. Кустов, В.Ф. Формалізація технічних засобів керування і контролю при лабораторних дослідженнях [Текст] / В.Ф. Кустов, О.Ю. Каменев // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2012. – Випуск 134. – С.156 – 162.
5. Дослідження функційної безпечності та електромагнітної сумісності мікропроцесорної системи електричної централізації станції «Вугільна» на етапі імітаційних та стендових випробувань [Текст]: Звіт з НДР (пром.ж.) / УкрДАЗТ; Керівник А.Б. Бойнік, 2012. Номер ДР 0112U006925.
6. Патент № 77047. Україна МПК G05B 23/00. Комбінований випробувальний комплекс мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів [Текст] / О.Ю. Каменев, В.Ф. Кустов. – № U201208749; Заявл. 16.07.2012; Опубл. 25.01.2013, Бюл. №2 – бс.

**Каменев А.Ю.** Усовершенствование методов контроля параметров системы микропроцессорной централизации. Усовершенствованы методы контроля параметров микропроцессорной централизации, которые базируются на её испытаниях. Предложены методы имитационных и комбинированных испытаний, которые предусматривают увеличение покрытия функций и элементов системы, а также уменьшение аппаратных ресурсов.

**Ключевые слова:** микропроцессорная централизация, имитационные испытания, стендовые испытания, комбинированные испытания, достоверность.

**Kamenyev O.** Improvement of control parameters methods of microprocessor interlocking system. The methods of microprocessor interlocking parameters control, which are based on its tests, are improved. The methods of imitation and combined tests, which foresee the increase of functions and elements coverage of the system, and also diminishing of hardware resources, are offered.

**Keywords:** microprocessor interlocking, imitation tests, stand tests, combined tests, authenticity.

Рецензент д.т.н., професор *Мойсеєнко В.І.* (УкрДАЗТ)

*Поступила 20.05.2013г*