

УДК 681.321

М.О. Колісник, І.В. Піскачова

Українська державна академія залізничного транспорту, Харків

## ВИБІР НАДІЙНОЇ СТРУКТУРИ ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ЦИФРОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ПРІОРИТЕТНИХ РЯДІВ З УРАХУВАННЯМ БАГАТОВЕРСІЙНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*В статті наведено методику вибору надійної структури пристрою управління (ПУ) цифрових телекомунікаційних систем (ЦТС) на основі пріоритетних рядів з урахуванням багатoversійності програмного забезпечення, яка дозволить обирати найбільш надійнішу структуру двоканальних або триканальних одно- і двоверсійних ПУ ЦТС, і дозволяє визначити, наскільки оправдано введення багатoversійності.*

**Ключові слова:** надійність, багатoversійність, пристрій управління, цифрові телекомунікаційні системи, імовірність безвідмовної роботи.

### Вступ

**Постановка проблеми.** На даний час на залізничному транспорті отримали поширення цифрові системи зв'язку та передачі інформації, що функціонують в режимі постійної готовності. Надійність системи визначає ступінь готовності телекомунікаційної системи у будь-який момент часу до обслуговування абонентів. Найбільш важливим і складним цифровим пристроєм, що здійснює управління роботою підсистем, що входять до складу ЦТС, і який забезпечує виконання заданих функцій, є ПУ. Пристрій управління є складним мікропроцесорним пристроєм, від надійності якого суттєво залежить надійність всієї ЦТС. Особливістю ПУ є те, що він складається з апаратної компоненти та різноманітних програмних засобів (функціональних і системних). Програмні засоби (ПЗ) є найбільш розвинутою по структурі та функціональним зв'язкам складовою частиною ПУ систем телекомунікації. Тому необхідно забезпечувати необхідну надійність як апаратних, так і програмних засобів, що необхідно здійснювати за допомогою на етапі проектування за допомогою пріоритетних рядів.

**Аналіз літератури.** Для підвищення надійності ПУ, крім резервування апаратних засобів (АЗ) із застосуванням засобів контролю при відмові, що виникла в одному або декількох каналах, застосовують резервування програмних засобів (ПЗ) (незалежна розробка, введення і супровід двох і більш варіантів (версій) програм, що виконують одні і ті ж функції) [1 – 5]. При функціонуванні вихідні дані цих варіантів порівнюються в автоматичному режимі і здійснюється відповідний вибір результатів [3 – 5]. Таке програмування одержало назву багатoversійного [4 – 8]. Дослідженнями принципу багатoversійності ПЗ займалися Літлвуд В., Стріжіні Л., Попов П. [1], Ліпаєв В. [2, 3], Тоценко В., Головін Б., Харченко В. [4, 6], Артеменко Є. [7] та ін. Аналіз багатoversійних структур, показав, що дослідження моделей їх надійності, як комплексу АЗ і ПЗ, а також науково обґрунтований вибір варіантів їх побудови по пріоритетним

рядам потребує розвитку, особливо для ЦТС.

**Мета статті.** Перед виробниками цифрових систем зв'язку стоїть досить складна актуальна задача вибору найбільш надійної структури пристрою управління. Метою досліджень є методика вибору надійної структури ПУ ЦТС на основі використання багатoversійності ПЗ з деякої множини існуючих структур.

### Основна частина

Розглядаємо три варіанти структур ПУ ЦТС. В першому варіанті порівнюємо надійність двох та триканальних ПУ ЦТС з рівнонадійними версіями ПЗ. Обидві версії ПЗ націлені на виконання тих самих функцій, але розроблені незалежно, мають незалежне програмування і супровід. Другий варіант передбачає оцінку надійності двоканальних і триканальних ПУ ЦТС при нерівно надійних версіях ПЗ. В третьому варіанті проводиться оцінка надійності двоканального ПУ ЦТС з однією та двома нерівно надійними версіями ПЗ. Проведемо дослідження, в якому випадку доцільне введення багатoversійності ПЗ в ПУ ЦТС. В якості критерію оцінювання надійності ПУ ЦТС обираємо імовірність безвідмовної роботи (ІБР).

Оцінку надійності двоканального та триканального ПУ ЦТС при допущенні, що версії ПЗ мають однакову надійність (рівнонадійні) проводимо за отриманими залежностями:

$$Ptr1(Pa, Pp1) = (3 \cdot Pa^2 - 2 \cdot Pa^3) \cdot Pp1 \cdot Pme \cdot Pckd;$$

$$Ptr2(Pa, Pp1) = (-2 \cdot Pa^3 \cdot Pp1^2 + 2 \cdot Pa^2 \cdot Pp1^2 + Pa^2 \cdot Pp1) \cdot Pme \cdot Pckd \cdot Psv;$$

$$Pdv1(Pa, Pp1) = -Pa \cdot Pp1^2 \cdot (Pa - 2) \cdot Pckd;$$

$$Pdv2(Pa, Pp1) = -Pa \cdot (Pa \cdot Pp1^3 - 2 \cdot Pp1^3 - Pp1 + 2 \cdot Pp1^2 - Pp1^2) \cdot Pckd \cdot Psv,$$

де  $Pckd$  – ІБР засобів контролю та діагностування;  $Psv$  – ІБР системи порівняння версій ПЗ;  $Pme$  – ІБР мажоритарного елемента триканальних систем;  $Ptr1(Pa, Pp1)$  – ІБР триканальної одноверсійної ма-

жоритарно-резервованої системи з рівнонадійними каналами і версіями ПЗ;  $\text{Ptr}2(\text{Pa}, \text{Pp}1)$  – ІБР триканальної двохверсійної мажоритарно-резервованої системи з рівнонадійними каналами і версіями ПЗ;  $\text{Pdv}1(\text{Pa}, \text{Pp}1)$  – ІБР двоканальної структури з однією версією ПЗ;  $\text{Pdv}2(\text{Pa}, \text{Pp}1)$  – ІБР двоканальної структури з двома рівнонадійними версіями ПЗ.

На основі отриманих аналітичних залежностей побудуємо графічні залежності ІБР двоканального та триканального (мажоритарного) ПУ ЦТС від змі-

нення ІБР АЗ при різній кількості версій ПЗ – одній та двох (рис. 1, 2). При цьому враховуємо надійність функціонування системи контролю та діагностування ЦТС, мажоритарного елемента триканального ПУ, пристрою порівняння версій ПЗ. На основі проведених досліджень отримане значення ІБР МС з однією версією ПЗ і двома версіями ПЗ, за якими можуть бути визначені пріоритети введення другої і першої версій ПЗ ПУ ЦСК при різних величинах і інтервалах значень ІБР ПЗ і АЗ, зведених у табл. 1.

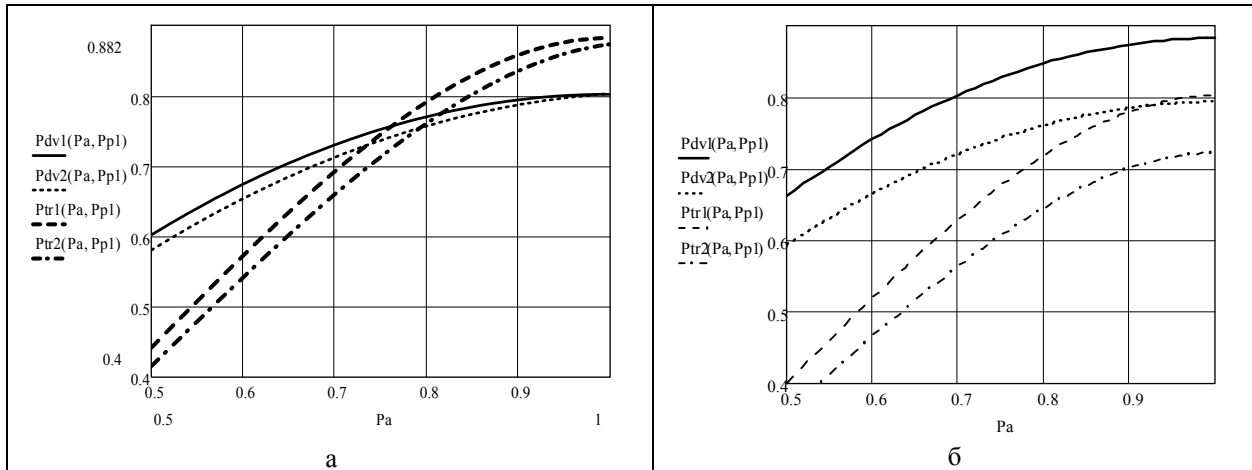


Рис. 1. Графічні залежності ІБР двоканального і триканального ПУ ЦТС від зміння ІБР АЗ при вихідних даних: а –  $\text{Pp}1 = 0.9$ ,  $\text{Pckd} = 0.99$ ,  $\text{Pme} = 0.99$ ,  $\text{Pvs} = 0.99$ ; б –  $\text{Pp}1 = 0.99$ ,  $\text{Pckd} = 0.9$ ,  $\text{Pme} = 0.9$ ,  $\text{Pvs} = 0.9$

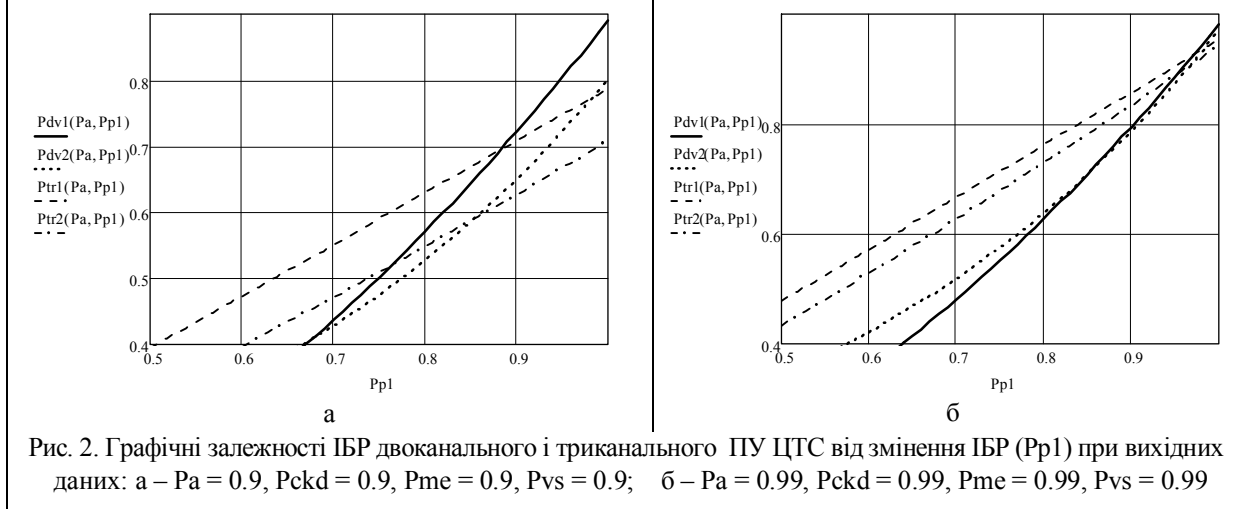


Рис. 2. Графічні залежності ІБР двоканального і триканального ПУ ЦТС від зміння ІБР ( $\text{Pp}1$ ) при вихідних даних: а –  $\text{Pa} = 0.9$ ,  $\text{Pckd} = 0.9$ ,  $\text{Pme} = 0.9$ ,  $\text{Pvs} = 0.9$ ; б –  $\text{Pa} = 0.99$ ,  $\text{Pckd} = 0.99$ ,  $\text{Pme} = 0.99$ ,  $\text{Pvs} = 0.99$

Здійснюємо формування пріоритетних рядів структур ПУ ЦТС з двома та трьома каналами, однією та двома версіями ПЗ. Згідно з пріоритетними рядами при відомих статистичних даних обирається одна зі структур, що розглядаються, за найвищим значенням ІБР системи. Дана методика дозволяє визначити, яка структура ПУ ЦТС з якою кількістю версій ПЗ є найбільш прийнятною в кожному окремому випадку.

Методика вибору багатоверсійної системи (БВС) для ЦТС представлена послідовністю етапів, пов'язаних умовами виконання вимог і обмежень технічного завдання по відповідним критеріям: необхідній надійності  $R_{\text{потр}}$ ; необхідного часу безвідмовної

роботи в режимі, що не обслуговується –  $T_{\text{потр}}$ .

В якості вихідних даних для вибору БВС виступають вимоги на систему, що розробляється. Формується множина пріоритетних рядів структур БВС з різною кількістю каналів і версій. У відповідності з пріоритетними рядами, при відомих статистичних даних и вимогам вибирається одна з структур БВС; з найвищим показником імовірності безвідмовної роботи  $R_{\text{БВС}}$ . При невиконанні умови відповідності обмеженням виконується вибір іншої структури з пріоритетних рядів. Дана методика лежить в основі вибору БВС, і дозволяє визначити, наскільки необхідно введення багатоверсійності в ПУ ЦТС.

Таблиця 1

Пріоритетні ряди двоканальних і триканальних структур

Значення показників надійності	Інтервали змінної	Пріоритетні ряди			
		Двоканальні		Триканальні	
		З однією версією ПЗ	З двома версіями ПЗ	З однією версією ПЗ	З двома версіями ПЗ
Pp1= 0.9; Pckd = 0.99; Psv = 0.99; Pme = 0.99	Pa = 0.500...0.725	1	2	3	4
	Pa = 0.725...0.765	1	3	2	4
	Pa = 0.765...0.790	2	3	1	4
	Pa = 0.790...0.950	3	4	1	2
	Pa = 0.950...1	4	3	1	2
Pp1= 0.99; Pckd = 0.99; Psv = 0.99; Pme = 0.99	Pa = 0.500...0.950	1	2	3	4
	Pa = 0.950...1	2	3	1	4
Pp1= 0.9; Pckd = 0.9; Psv = 0.9; Pme = 0.9	Pa = 0.500...0.725	1	2	3	4
	Pa = 0.725...0.980	1	3	2	4
	Pa = 0.980...1	2	3	1	4

**Висновки**

Для підвищення надійності ПУ ЦТС пропонується вводити багатоверсійність ПЗ із-за зменшення надійності його у зв'язку із значною складністю і великим обсягом вирішуваних задач ЦТС. Але дослідження показали, що при деяких значеннях статистичних даних, використання багатоверсійності недоцільно.

Методику вибору найнадійнішої структури ПУ ЦТС з множини існуючих на основі отриманих за результатами проведених досліджень аналітичних залежностей ІБР ПУ ЦТС і сформованих пріоритетних рядів може служити основою для вибору двоканальних або триканальних одно- і двохверсійних мікропроцесорних систем, тому що дозволяє визначити, наскільки оправдано введення багатоверсійності.

**Список літератури**

1. Littlewood B. A note on reliability estimation of functionally diverse systems / B. Littlewood, P. Popov, L. Strigini // Reliability Engineering and System Safety. – 1999. – № 66. – P. 93-95.  
 2. Липаев В.В. Надежность программных средств / В.В. Липаев. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 232 с.  
 3. Липаев В.В. Функциональная безопасность программных средств / В.В. Липаев. – М.: СИНТЕГ, 2004. – 348 с.

4. Харченко В.С. Теоретические основы дефектоустойчивых цифровых систем с версионной избыточностью / В.С. Харченко. – Х.: МО України, 1996. – 506 с.

5. Пискачева И.В. Оценка надежности многоканальных архитектур адаптивных мажоритарно-резервированных цифровых управляющих и вычислительных систем / И.В. Пискачева // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: ХВУ, 2002. – Вып. 2 (18). – С. 242-247.

6. Пискачева И.В. Методы повышения надежности бортовых цифровых управляющих и вычислительных систем на основе принципов многоверсионности и адаптации / И.В. Пискачева, В.С. Харченко // Информационно-критичные системы на железнодорожном транспорте. – 2002. – Вып. № 6. – С. 50-56.

7. Артеменко Е.А. Метод повышения надежности цифровых автоматических телефонных станций с применением дублирования аппаратных средств и многоверсионности программного обеспечения / Е.А. Артеменко, М.А. Пискачева, И.В. Пискачева // Сб. науч. пр. – Х.: ОНДІ, 2007. – Вып. 1 (6). – С. 186-191.

8. Пискачова М.О. Основні принципи забезпечення надійності та безпеки програмного забезпечення критичних мікропроцесорних систем / М.О. Пискачова, І.В. Пискачова // Проблеми інформатики та моделювання: матеріали 6 МНТК. – Х.: НТУ "ХПІ", 2006. – С. 44-45.

Надійшла до редколегії 6.06.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.І. Загарій, Українська державна академія залізничного транспорту, Харків.

**ВЫБОР НАДЕЖНОЙ СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИОРИТЕТНЫХ РЯДОВ С УЧЕТОМ МНОГОВЕРСИОННОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

М.А. Колесник, И.В. Пискачева

В статье приведена методика выбора надежной структуры устройства управления (УУ) цифровых телекоммуникационных систем (ЦТС) на основе приоритетных рядов с учетом многоверсионности программного обеспечения, которая позволит выбирать самую надежную структуру двухканальных или трехканальных одно- и двухверсионных ПУ ЦТС, и позволяет определить, насколько оправдано введение многоверсионности.

**Ключевые слова:** надежность, многоверсионность, устройство управления, цифровые телекоммуникационные системы, вероятность безотказной работы.

**CHOICE OF RELIABLE STRUCTURE OF A CONTROL UNIT OF DIGITAL TELECOMMUNICATION SYSTEMS ON THE BASIS OF PRIORITY NUMBERS WITH THE ACCOUNT MANY-VERSION THE SOFTWARE**

M.O. Kolisnyk, I.V. Piskachova

In the article the method of choice of reliable structure of the control unit (CU) of the digital telecommunication systems (DTS) is resulted on the basis of priority rows taking into account many-version of software, which will allow to choose the most reliable structure twochannel or three-channel one- and two-version CU DTS, and let to define, as far as introduction of many-version is justified.

**Keywords:** reliability, many-version, control unit, digital systems of telecommunications, probability of faultless work.