

Методика оцінки впливу параметрів системи відновлення й безвідмовності елементів комплексів зв'язку на продуктивність цифрової телекомунікаційної мережі спеціального призначення

Резюме. У статті визначено порядок оцінки впливу параметрів системи відновлення та безвідмовності елементів комплексів зв'язку на продуктивність телекомунікаційної мережі спеціального призначення.

Ключові слова: експлуатація, система діагностики, продуктивність системи.

Постановка проблеми. Аналіз тенденцій розвитку цифрових телекомунікаційних мереж (ТКМ), а також проблем управління якістю ТКМ показує, що зараз інтенсивно розвиваються керовані системи з динамічно змінюваними структурами. Реконфігурація таких мереж залежить від параметрів вхідних заявок та внутрішнього стану елементів, які входять в об'єкт управління. Для того, щоб забезпечити якісне управління такими системами, необхідно мати інформацію про їхній технічний стан, який визначається як внутрішньою структурою об'єкта управління, величиною впливів, що надходять на її вхід, так і областю припустимих стратегій поведінки в просторі можливих станів.

Високі вимоги до точності й надійності реалізації функцій ТКМ з випадковими змінами структури й можливою розмірністю простору станів, у тому числі через відмови, робить проблематичним традиційне використання середніх значень випадкових параметрів для ідентифікації стану системи на основі відомих функцій розподілу. Це положення може привести до небажаних рішень на зміну структури ТКМ з погляду надійності. Це можливо через розкид параметрів щодо їхнього середнього значення, зміщення розподілів, які істотно відрізняються від гаусівських білих шумів і на практиці виявляються кольоровими та зі зміщеним математичним очікуванням.

Мета статті. Проаналізувати процес експлуатації та відновлення ТКМ. Виявити фактори впливу на продуктивність та якість функціонування ТКМ. Розробити методику, яка би враховувала та адекватно відображала

вплив системи відновлення ТКМ та безвідмовності елементів комплексів зв'язку.

Аналіз процесів експлуатації та відновлення ТКМ показує, що для вирішення широкого класу завдань по управлінню функціонуванням мережі важливе значення має вміння оцінювати стан її елементів. Вирішення цього завдання покладається на системи оперативно-технічного управління (СОТУ) та системи оперативно-технічного забезпечення (СОТЗ), що входять у систему моніторингу, за допомогою якої організовується діагностування стану ТКМ. Це означає, що якість експлуатації ТКМ значним чином визначається рівнем організації її діагностичного забезпечення. Під діагностичним забезпеченням розуміють комплекс взаємопов'язаних правил, методів, алгоритмів і засобів, необхідних для здійснення діагностування ТКМ на всіх етапах життєвого циклу.

Оскільки застосування того чи іншого методу або способу діагностування істотно визначається видом об'єкта, то для їхнього вибору необхідні методики, які забезпечують вирішення комплексу завдань по раціональній організації діагностичного забезпечення. Важливо відзначити, що методики повинні враховувати можливість вирішення завдання оцінки стану мережі як за допомогою зовнішніх засобів діагностування, так і за допомогою вбудованих засобів, які, в свою чергу, можуть бути автоматичними або автоматизованими.

Для виявлення найбільш істотних параметрів, які впливають на продуктивність ТКМ, розглянемо процес її функціонування, який у вигляді станів і подій наведено на рис. 1 і відповідає узагальненому вигляду множини станів, наведеному на рис. 2.

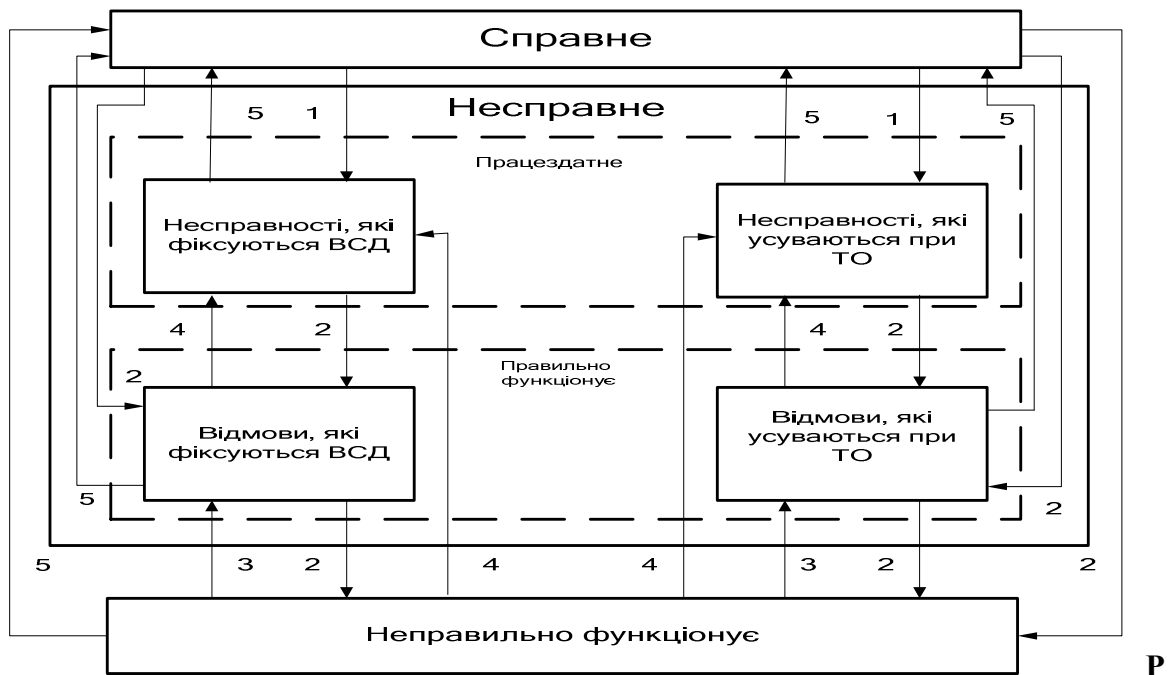


Рис. 1. Схема основних станів ТКМ та подій, які характеризують можливу їх зміну

На рис. 1 цифрами позначені такі події: 1 – ушкодження; 2 – відмова; 3 – відновлення правильності функціонування; 4 – відновлення працездатності; 5 – відновлення справності.

Перехід ТКМ зі стану в стан відбувається внаслідок дефектів. Стосовно досліджуваного об'єкта, їх усіх можна розділити на дефекти, які фіксуються вбудованою системою діагностування (ВСД) і викликають перехід ТКМ у несправний, але працездатний стан; дефекти, які фіксуються ВСД і приводять до переходу ТКМ в один із частково працездатних станів (характеризуються зменшенням продуктивності); дефекти, які не фіксуються і вони безпосередньо не впливають на працездатність об'єкта; дефекти, які викликають повну відмову ТКМ або переводять її в стан “не функціонування”.

Перша група дефектів характерна для ТКМ, які мають резерв у своїй структурі. При появі відмов відбувається автоматичне включення резервної множини (РМ) на основі ідентифікації ушкодження і його усунення за час $T_B^R = T_{II}$. Втрати продуктивності мережі для цієї групи визначаються часом переходу (T_{II}) з основної множини (ОМ) на РМ.

Друга група дефектів переводить ТКМ у несправний стан і безпосередньо не впливає на її працездатність, але знижує якість функціонування, а також збільшує втрати продуктивності мережі. Так відмови ВСД ускладнюють вирішення завдань пошуку пошкоджень і в процесі експлуатації ТКМ вони не завжди виявляються, а, отже, при дефектах приводять до істотного збільшення часу

відновлення T_B працездатності ТКМ, що тягне за собою зменшення продуктивності останньої.

Третя група дефектів ОМ викликає перехід ТКМ в аварійний режим роботи (тобто на аварійну множину (АМ)) і тоді втрати продуктивності мережі визначаються як T_{II} , так і часом відновлення ОМ (T_B). У деяких випадках відмови комплексу зв'язку (наприклад, каналного обладнання) приводять до виникнення частково працездатних станів і втрати залежать тільки від їх T_B .

Четверта група дефектів переводить комплекс зв'язку ТКМ у стан нефункціонування, тобто відбувається його повна відмова – подія, що полягає в тимчасовому припиненні застосування мережі за призначенням. Тоді втрати продуктивності залежать від часу відновлення ОМ ТКМ, результатом якого є виникнення одного зі станів: або правильно функціонує, або працездатне.

Таким чином, середні втрати продуктивності ТКМ залежать від великої кількості факторів, які впливають на зміни T_{II} і T_B .

Найбільш важливими з цих факторів є: рівень агрегатів, які замінюються при відмовах;

види запасних частин в ЗП і їхня відповідність прийнятому рівню агрегування;

типи ушкоджень і відмов елементів комплексу зв'язку;

наявність ВСД і ступінь повноти перевірки нею правильності функціонування;

наявність системи зовнішнього діагностування (СЗД) стану ТКМ, що дає змогу здійснити ручний пошук дефектів;

наявність діагностичних програм, які забезпечують можливість відновлення комплексу зв'язку операторами з недостатньо високою кваліфікацією та ін.

Характер залежності середнього часу відновлення працездатності комплексу зв'язку визначається багатьма факторами й насамперед видом базової несучої конструкції, застосовуваних для побудови конкретних зразків технічних засобів (ТЗ). Причому важливо відмітити, що для рішення завдання відновлення на кожному з рівнів експлуатації ТКМ можуть застосовуватися різні РЕМ.

З рис. 1 слідує, що для зниження середніх втрат продуктивності потрібно збільшувати повноту автоматичної перевірки правильності функціонування, що в свою чергу знижує число відмов у неконтрольованій частині комплексу зв'язку, і дає змогу домогтися зменшення T_B і T_{II} . Однак поліпшення показників T_B і T_{II} за рахунок автоматизації процесів пошуку дефектів приводить до ускладнення ВСД, безвідмовність якої впливає на якість застосування комплексу зв'язку в ТКМ. Більше того, якщо в комплексі зв'язку виключити можливість участі оператора в процесі відновлення за допомогою СЗД, то при відмові ВСД різко зросте функція втрат за рахунок збільшення T_B . У цілому, поділ процесу відновлення комплексу зв'язку на відновлення правильності функціонування (здатності комплексу передавати інформаційні потоки) T_{BF} , працездатності T_{BP} і справності T_{BS} , дає змогу скоротити час простою апаратури при збільшенні загального часу переведення системи в справний стан.

Складний характер взаємозв'язку між окремими параметрами комплексу зв'язку й характеристиками ТКМ вимагає більш детального дослідження таких питань, як поділ завдань між ВСД і СЗД, вибір повноти автоматичної перевірки працездатності, визначення шляхів зниження втрат продуктивності через відмови.

Розрізняють два основних види контролю стану ТКМ: перевірку правильності функціонування й пошук дефектів [5], які мають специфічне призначення. Засоби й

методи їхньої реалізації частково або повністю збігаються. Причому перший з них здійснюється в робочому режимі комплексу зв'язку ТКМ і має такі кількісні характеристики: коефіцієнт повноти перевірки правильності функціонування й вірогідність контролю. Другий – призначений для пошуку дефектів за допомогою ВСД, тобто для визначення місця й характеру несправності. Якість його оцінюється глибиною автоматичного пошуку дефектів і середнім часом діагностування.

Для оцінювання впливу різних параметрів ВСД на середню продуктивність досліджуваного об'єкта розглянемо модель комплексу зв'язку. Вважаємо, що об'єкт охоплений ВСД II з повнотою α_2 (забезпечує автоматичний пошук елемента, який відмовив) і контролюється за допомогою ВСД I (реалізує перевірку правильності функціонування ОМ у робочому режимі). Крім того, об'єкт має деяку АМ (в окремому випадку РМ).

При дослідженні будемо виходити з таких припущень:

відмови ВСД II і ВСД I (з перемикаючим пристроєм) безпосередньо не впливають на працездатність ОМ, а приводять до зростання T_{BF} , T_{BP} ;

після включення АМ відмова ВСД I веде до необхідності повторного включення АМ вручну;

у випадку відмови ВСД не відновлюється; імовірності безвідмовної роботи елементів ОМ, охоплених і неохоплених ВСД II з повнотою контролю α_2 , визначаються відповідно $P_{40} = P_{OM}^{\alpha_2}$, $P_{50} = P_{OM}^{(1-\alpha_2)}$ (тут і надалі залежність ймовірностей від часу t опущена, за винятком випадків коли вона має особливе значення);

при $\alpha_2 = 1$ у справному стані ВСД II реалізує повністю достовірний контроль;

імовірність безвідмовної роботи ВСД I пов'язана з імовірністю безвідмовної роботи ОМ через параметр $a_1 \geq 0$, $P_{20} = P_{OM}^{a_1}$;

імовірність безвідмовної роботи ВСД II пов'язана з імовірністю безвідмовної роботи ОМ через повноту перевірки a_1 і коефіцієнт складності $a_2 \geq 0$, $P_{30} = P_{OM}^{\alpha_2 a_2}$;

імовірність безвідмовної роботи АМ пов'язана з P_{OM} співвідношенням $P_{10} = P_{OM}^C$ де $0 \leq C \leq 1$;

вважається, що комплекс зв'язку не допускає перерв у роботі, й під повною його відмовою розуміється подія, яка переводить

досліджуваний об'єкт у неробочий стан (рис. 1), і необхідна перерва в процесі передачі інформаційних потоків.

Загальне число станів, у яких може перебувати ТЗ $D=2^5=32$, утворює простір елементарних подій Ω . При цьому може наступити одне з 11 неспільних складних подій A_i : A_0 – справний стан, A_1 – працездатний стан; A_2 – непрацездатний стан з автоматичним перемиканням на АМ і відновленням ОМ тільки за допомогою ВСД II, A_3 – непрацездатний стан з автоматичним перемиканням на АМ і відновленням ОМ як за допомогою ВСД II, так і оператором; A_4 – непрацездатний стан з автоматичним перемиканням на АМ і відновленням ОМ тільки оператором; A_5 – непрацездатний стан з ручним переходом на АМ і відновленням ОМ за допомогою ВСД II; A_6 – непрацездатний стан з ручним переходом на АМ і відновленням ОМ як за допомогою ВСД II, так і оператором; A_7 – непрацездатний стан з ручним переходом на АМ і відновленням ОМ тільки оператором; A_8 – відмова ТЗ із відновленням ОМ за допомогою ВСД II; A_9 – відмова ТЗ із відновленням ОМ як за допомогою ВСД II, так і оператором; A_{10} –

відмова ТЗ і відновлення ОМ тільки оператором.

Кожне з A_i приводить до певних втрат продуктивності ТКМ у годину найбільшого навантаження, а їхня система $\{A_i\}$ є кінцевою розбивкою $\Omega: A_0 + A_1 + \dots + A_{10} = \Omega$, що породжує кінцеву алгебру множин $A = \{\emptyset, \Omega, A_1, A_2, \dots, A_{10}, A_0, A_1 + A_2, A_1 + A_3, \dots\}$ [6]. Для побудови імовірнісного простору (Ω, A, P) необхідно знайти $P(A_i)$. Скористаємося топологічним методом розрахунку надійності складних систем [3, 4] і, зокрема, логіко-імовірнісним методом. У [3] для дослідження ТЗ, які містять менше 10 елементів, рекомендується використовувати табличний метод опису їхніх станів.

Позначимо: $P_{i0} = x_i$, $Q_{i0} = \bar{x}_i = 1 - P_{i0}$. У табл. 1 показано усі можливі сполучення кон'юнкцій станів елементів моделі й здійснено їхнє групування за складними подіями $\{A_i\}$ – диз'юнкціях елементарних кон'юнкцій. Отримано функції алгебри логіки (ФАЛ) – $f(A)$, які зв'язують стан елементів зі станами системи. Використовуючи булеву алгебру [1, 3], перетворимо ФАЛ до завершених кон'юнктивних нормальних форм.

$$\begin{aligned}
 f(A_0) &= x_1 x_2 x_3 x_4 x_5; & f(A_1) &= \overline{x_1 x_2 x_3 x_4 x_5}; & f(A_2) &= x_1 x_2 x_3 \bar{x}_4 x_5; \\
 f(A_3) &= x_1 x_2 x_3 \bar{x}_5; & f(A_4) &= x_1 x_2 \overline{x_3 x_4 x_5}; & f(A_5) &= \overline{x_1 x_2 x_3 x_4 x_5}; \\
 f(A_6) &= x_1 \overline{x_2 x_3 x_5}; & f(A_7) &= \overline{x_1 x_2 x_3 x_4 x_5}; & f(A_8) &= \overline{x_1 x_3 x_4 x_5}; \\
 f(A_9) &= \overline{x_1 x_3 x_5}; & f(A_{10}) &= \overline{x_1 x_3 x_4 x_5};
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

На рис. 2 усі можливі стани системи наведені у вигляді графа, що відповідає ФАЛ (1), у якого ребра є подіями, що переводять ТЗ зі стану в стан.

На основі виразів (1) знайдемо імовірнісні функції P кожного зі станів досліджуваного об'єкта, під якими розуміють імовірності істинності ФАЛ [3]: $P(f(A_i)) = 1$

Оскільки всі $f(A_i)$ неповторні ФАЛ [3], а відмови елементів ТЗ, які розглядаються є подіями незалежними, то проведемо зворотній перехід від x_i до $P_{i0} = f_0(P_{0M})$ для кожного $A_i \subset \Omega$.

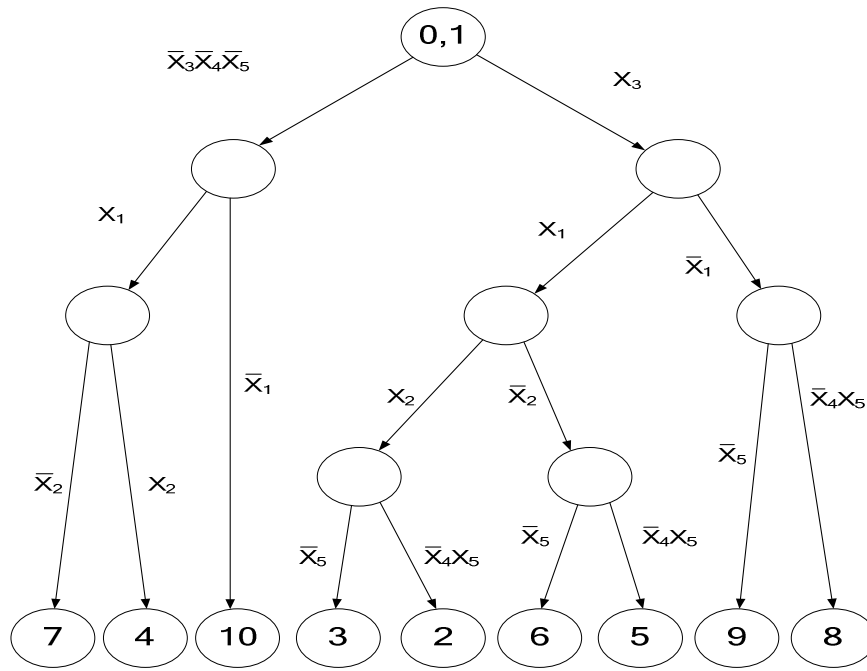


Рис. 2. Граф станів системи

$$\begin{aligned}
 P_0 &= P(A_0) = P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2+1)}; \\
 P_1 &= P(A_1) = P_{OM} - P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2+1)}; \\
 P_2 &= P(A_2) = P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2-\alpha_2+1)} - P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2+1)}; \\
 P_3 &= P(A_3) = P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2)} - P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2-\alpha_2+1)}; \\
 P_4 &= P(A_4) = P_{OM}^{(c+a_1)} - P_{OM}^{(c+a_1+1)} - P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2)} - P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2+1)}; \\
 P_5 &= P(A_5) = P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2-\alpha_2+1)} - P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2+1)} - P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2-\alpha_2+1)} - P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2+1)}; \\
 P_6 &= P(A_6) = P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2-\alpha_2+1)} - P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2-\alpha_2+1)}; \\
 P_7 &= P(A_7) = P_{OM}^c + P_{OM}^{(c+a_1+1)} + P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2)} + P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2+1)} - P_{OM}^{(c+a_1)} - P_{OM}^{(c+1)} - \\
 &\quad - P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2)} - P_{OM}^{(c+a_1+\alpha_2a_2+1)}; \\
 P_8 &= P(A_8) = P_{OM}^{(\alpha_2a_2-\alpha_2+1)} + P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2+1)} - P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2-\alpha_2+1)} - P_{OM}^{(\alpha_2a_2-\alpha_2+1)}; \\
 P_9 &= P(A_9) = P_{OM}^{\alpha_2a_2} + P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2-\alpha_2+1)} - P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2)} - P_{OM}^{(\alpha_2a_2-\alpha_2+1)}; \\
 P_{10} &= P(A_{10}) = 1 + P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2)} + P_{OM}^{(c+1)} + P_{OM}^{(\alpha_2a_2+1)} - P_{OM}^{\alpha_2a_2} - P_{OM}^{(c+\alpha_2a_2+1)} - P_{OM}^c - P_c
 \end{aligned} \tag{2}$$

По розрахованих ймовірностях де ΔK_i – втрата продуктивності ТЗ в i -му побудуємо імовірнісний простір (Ω, A, P) і стані досліджуваної системи. отримаємо аналітичний вираз середніх втрат продуктивності ТЗ:

$$\overline{\Delta K} = \sum_{i=1}^{10} \Delta K_i P_i, \tag{3}$$

Диз'юнкції елементарних кон'юнкцій, які характеризують стан ТКМ

Стан ТЗ множини	A ₀			A ₁				A ₂	A ₃		A ₄			A ₅	A ₆		A ₇			A ₈		A ₉			A ₁₀							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
АМ	X ₁	\bar{X}_1	X ₁	X ₁	\bar{X}_1	\bar{X}_1	X ₁	\bar{X}_1	X ₁	X ₁	X ₁	X ₁	X ₁	X ₁	X ₁	X ₁	X ₁	X ₁	X ₁	X ₁	\bar{X}_1	\bar{X}_1	\bar{X}_1	\bar{X}_1	\bar{X}_1	\bar{X}_1	\bar{X}_1	\bar{X}_1	\bar{X}_1	\bar{X}_1		
ВСД I	X ₂	X ₂	\bar{X}_2	X ₂	X ₂	\bar{X}_2	\bar{X}_2	\bar{X}_2	X ₂	X ₂	X ₂	X ₂	X ₂	X ₂	\bar{X}_2	\bar{X}_2	\bar{X}_2	\bar{X}_2	\bar{X}_2	\bar{X}_2	X ₂	\bar{X}_2	X ₂	X ₂	\bar{X}_2	\bar{X}_2	X ₂	X ₂	X ₂	\bar{X}_2	\bar{X}_2	\bar{X}_2
ВСД II	X ₃	X ₃	X ₃	\bar{X}_3	\bar{X}_3	X ₃	\bar{X}_3	\bar{X}_3	X ₃	X ₃	X ₃	\bar{X}_3	\bar{X}_3	\bar{X}_3	X ₃	X ₃	X ₃	\bar{X}_3	\bar{X}_3	\bar{X}_3	X ₃	X ₃	X ₃	X ₃	X ₃	X ₃	X ₃	\bar{X}_3	\bar{X}_3	\bar{X}_3	\bar{X}_3	\bar{X}_3
ОМ включ. α ₂	X ₄	X ₄	X ₄	X ₄	X ₄	X ₄	X ₄	X ₄	\bar{X}_4	X ₄	\bar{X}_4	\bar{X}_4	X ₄	\bar{X}_4	X ₄	\bar{X}_4	\bar{X}_4	X ₄	\bar{X}_4	\bar{X}_4	\bar{X}_4	\bar{X}_4	\bar{X}_4	X ₄	\bar{X}_4	\bar{X}_4	X ₄	\bar{X}_4	\bar{X}_4	\bar{X}_4	X ₄	
ОМ не включ. α ₂	X ₅	X ₅	X ₅	X ₅	X ₅	X ₅	X ₅	X ₅	X ₅	\bar{X}_5	\bar{X}_5	X ₅	\bar{X}_5	\bar{X}_5	X ₅	\bar{X}_5	\bar{X}_5	X ₅	\bar{X}_5	\bar{X}_5	X ₅	X ₅	\bar{X}_5	\bar{X}_5	\bar{X}_5	X ₅	\bar{X}_5	\bar{X}_5	X ₅	\bar{X}_5	\bar{X}_5	
	Працездатний стан								Непрацездатний стан з автоматичним перемиканням на АМ							Непрацездатний стан з ручним перемиканням на АМ							Відмова ТЗ									

Щоб оцінити вплив параметрів системи відновлення на якість роботи ТКМ конкретизуємо функцію середнього часу відновлення. Оскільки інформація, яка отримується ВСД II, повинна використовуватися для автоматизації діагностування або скорочення $T_{ВП}$ і $T_{ВС}$, то останні мають бути пов'язані з α_2 :

$$\alpha_2 = L(\alpha_2) / L, (4)$$

де $L(\alpha_2)$ – число діагностичних параметрів (ДП), які забезпечують методичну достовірність перевірки;

L – загальне число ДП, які реалізують задану глибину діагностування (контролю працездатності) ОМ з необхідною достовірністю.

Очевидно, що L змінюється відповідно до властивостей структури об'єкта діагностування (ОД) і залежить від завдань, які покладаються на ВСД II. Якщо при $\alpha_2 = 1$ забезпечується глибина пошуку до складової частини $(L+1)$, то $T_{ВП}$ ОМ розраховується за формулою:

$$T_{ВП} = \alpha_2 t_{II} K_m + t_0 (1 - \alpha_2) \cdot K_m + t_y, (5)$$

де t_{II} – середній час перевірки одного ДП, за допомогою ВСД II;

t_0 – середній час перевірки одного ДП, за допомогою особи, яка вимірює параметри;

K_m – максимальне число операцій пошуку (залежить від процедури локалізації відмов);

t_o – середній час усунення однієї несправності.

Для структур ОМ, при одиночних відмовах можливо побудувати алгоритми діагностування, які близькі до мінімальної форми

$$K_m = \log_2 L, (6)$$

де L – число радіоелектронних модулів (РЕМ) [1].

Враховуючи, що (50..80) % часу відновлення становить час пошуку [1, 2, 5] при своєчасному поповненні одиночного ЗІП СОТЗ, визначимо

$$t_o = 0,5 \cdot t_0 \cdot \log_2 L = 0,5 \cdot t_0 K_m. (7)$$

Підставимо (7) в (2) і знайдемо функції втрат $\varphi(A) = \Delta K_i \cdot P_i$ у кожному з можливих станів ТЗ.

Тоді складові виразу (2) наберуть вигляду

$$\begin{aligned}
\varphi(A_0) &= \varphi(A_1) = 0 \quad (\Delta K_0 = \Delta K_1 = 0); \\
\varphi(A_2) &= (T_{B\phi 1} \cdot B + \alpha_2 t_B K_m \cdot \Delta B + 0,5 t_0 K_m \cdot \Delta B) \cdot P_2; \\
\varphi(A_3) &= (T_{B\phi 1} \cdot B + \alpha_2 t_B K_m \cdot \Delta B + (1,5 - \alpha_2) t_0 \cdot K_m \cdot \Delta B) P_3; \\
\varphi(A_4) &= (T_{B\phi 1} \cdot B + 1,5 t_0 \cdot K_m \cdot \Delta B) \cdot P_4; \\
\varphi(A_5) &= (T_{B\phi 2} \cdot B + \alpha_2 t_B K_m \cdot \Delta B + 0,5 t_0 \cdot K_m \cdot \Delta B) \cdot P_5; \\
\varphi(A_6) &= (T_{B\phi 2} \cdot B + \alpha_2 t_B K_m \cdot \Delta B + (1,5 - \alpha_2) t_0 \cdot K_m \cdot \Delta B) P_6; \\
\varphi(A_7) &= (T_{B\phi 2} \cdot B + 1,5 t_0 \cdot K_m \cdot \Delta B) \cdot P_7; \\
\varphi(A_8) &= (T_{B\phi 2} \cdot B + \alpha_2 t_0 K_m \cdot B + 0,5 t_0 \cdot K_m \cdot B) \cdot P_8; \\
\varphi(A_9) &= (T_{B\phi 2} \cdot B + \alpha_2 t_0 K_m \cdot B + (1,5 - \alpha_2) t_0 \cdot K_m \cdot B) \cdot P_9; \\
\varphi(A_{10}) &= (T_{B\phi 2} \cdot B + 1,5 t_0 \cdot K_m \cdot B) P_{10},
\end{aligned} \tag{8}$$

де $T_{B\phi 1}$ – час переходу на АМ за допомогою ВСД I;

$T_{B\phi 2}$ – час переходу на АМ оператором вручну.

Підставивши (8) в (3), отримаємо

$$\overline{\Delta K} = \sum_{i=2}^{10} \varphi(A_i). \tag{9}$$

Аналіз (8) показує, що $\overline{\Delta K}$ залежить від середніх втрат продуктивності ТКМ за рахунок перемикання $\overline{\Delta K}_i$ і за рахунок відновлення працездатності ОМ $\overline{\Delta K}_{\text{АІ}}$, тобто

$$\overline{\Delta K} = \overline{\Delta K}_{\text{П}} + \overline{\Delta K}_{\text{ВП}}, \tag{10}$$

$$\overline{\Delta K}_{\text{П}} = \left(\sum_{i=1}^4 t_{\text{ПО}} P_i + \sum_{i=5}^{10} t_{\text{ПР}} P_i \right) \cdot B, \tag{11}$$

У (8-11) B – пропускна спроможність ТКМ при працездатності ОМ, $\Delta B = B - B_p$,

B_p – швидкість передачі ТКМ в АМ.

Вид функцій (2), (8), (10) і (11) дає змогу здійснити дослідження впливу первинних параметрів структури ТЗ на $\overline{\Delta K}$ для декількох варіантів організації контролю ОМ, які можуть змінюватися залежно від типу комплексу зв'язку.

Висновки. Запропонована методика дозволяє оцінити зміну продуктивності цифрової ТКМ від впливу підсистеми відновлення працездатності комплексів зв'язку. Причому, в методиці враховуються показники глибини ВСД, а також можливість

переходу на резервні (аварійні) технічні засоби за допомогою оператора. Наведені вирази дозволяють оцінити продуктивність мережі за рахунок впливу первинних параметрів технічних зразків ТКМ.

У подальших дослідженнях з використанням запропонованої методики пропонується розглянути доцільність підвищення (зменшення) глибини контролю апаратури за допомогою ВСД та ефективності її роботи в залежності від надійності радіоелектронних елементів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Глазунов Л. П. Основы теории надежности автоматических систем управления / Л. П. Глазунов, В. П. Грабовецкий, О. В. Щербаков. – Л. : Энергоатомиздат, 1984. – 208 с.
2. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных систем / Г. В. Дружинин. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 564 с.
3. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т. / Ред. совет: В. С. Авдеевский и др. – М. : Машиностроение, 1988. – Т. 5: Проектный анализ надежности. – 316 с.
4. Надежность технических систем: Справочник / Под ред. И. А. Ушакова. – М. : Радио и связь, 1985. – 608 с.
5. Надежность и эффективность в технике. Т. 9. Техническая диагностика: Справочник / Под общ. ред. В. В. Клюева, П. П. Пархоменко. – М. : Машиностроение, 1987. – 252 с.
6. Севастьянов Б. А. Курс теории вероятностей и математической статистики / Б. А. Севастьянов. – М. : Наука, 1982. – 256 с.

Стаття надійшла до редакції 08.07.2016

Звир В. Б.

Центр военно-стратегических исследований Национального университета обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев

Методика оценки влияния параметров системы восстановления и безотказности элементов комплексов связи на производительность цифровой телекоммуникационной сети специального назначения

Резюме. Определен порядок оценки влияния параметров системы восстановления и безотказности элементов комплексов связи на производительность цифровой телекоммуникационной сети специального назначения.

Ключевые слова: эксплуатация, система диагностирования, производительность системы.

V. Zvir

Center for Military and Strategic Studies National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv

Methodology to evaluate the impact of recovery and reliability of elements of communication on the performance of digital telecommunication network special purpose

Resume: The procedure for the assessment of the influence of parameters of system recovery and reliability of elements of communication on the performance of digital telecommunication networks of special purpose.

Keywords: Maintenance, system diagnostics, system performance.