

УДК 621.396.6.019.3+519.87

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНОЇ СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МЕРЕЖІ КОМІРКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Об'єктом розгляду в даній роботі є один із варіантів комбінованої стратегії технічного обслуговування об'єктів мереж коміркового зв'язку, коли на одну ремонтну бригаду покладено планово-профілактичне і аварійне відновлення. Для побудови математичної моделі процесу технічного обслуговування, його представлено у вигляді системи масового обслуговування, для якої розроблено граф станів та переходів і сформовано систему диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена

Ключові слова: інформаційна мережа коміркового зв'язку, коефіцієнт готовності, технічне обслуговування, система масового обслуговування, модель надійності

Объектом рассмотрения в данной работе является один из вариантов комбинированной стратегии технического обслуживания объектов сетей сотовой связи, когда на одну ремонтную бригаду положено планово-профилактическое и аварийное восстановление. Для построения математической модели процесса технического обслуживания, он представлен в виде системы массового обслуживания, для которой разработан граф состояний и переходов и сформирована система дифференциальных уравнений Колмогорова - Чепмена

Ключевые слова: информационная сеть сотовой связи, коэффициент готовности, техническое обслуживание, система массового обслуживания, модель надежности

Б.А. Мандзій

Доктор технічних наук, професор*

E-mail: bmandziy@polynet.lviv.ua

Б.Ю. Волочій

Доктор технічних наук, професор*

Контактний тел.: 063-758-91-84

E-mail: bvolochiy@ukr.net

С.І. Гнатів

Начальник відділу фіксованого зв'язку

Львівська філія ПрАТ «Київстар»

вул. Генерала Грекова 3, м. Львів, Україна, 79048

Контактний тел.: 067-670-61-75

E-mail: Svyatoslav.Gnativ@lviv.kyivstar.net

Л.Д. Озірковський

Кандидат технічних наук, доцент*

Контактний тел.: 067-673-34-45

E-mail: l.ozirkovsky@gmail.com

І.В. Кулик

Асистент*

Контактний тел.: 098-919-47-70

E-mail: kulyk.iw@gmail.com

*Кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювання
Національний університет «Львівська Політехніка»
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

1. Вступ

Під час експлуатації об'єктів інформаційної мережі коміркового зв'язку (ІМКЗ) важливо забезпечити високі показники надійності впродовж всього життєвого циклу апаратури. Одним із способів підвищення безвідмовності ІМКЗ є проведення технічного обслуговування (ТО) її об'єктів. Розв'язання задачі вибору оптимальної стратегії ТО дозволяє максимально підвищити показники надійності ІМКЗ та мінімізувати витрати під час її експлуатації.

Задача оптимізації стратегії ТО розглядається в працях Б.П. Креденцера, Ф. Байхельта, П. Франкена, Е.Ю. Барзиловича і полягає у виборі оптимальної періодичності проведення профілактичних робіт. Розглянуті в цих роботах моделі базуються на даних про безвідмовність та ремонтпридатність об'єктів дослідження, а самі об'єкти представлені у вигляді одного уз-

гальненого блоку без деталізації його структури. Отже ці моделі призначені лише для опису ТО одного об'єкта і не можуть відображати процес ТО сукупності об'єктів.

2. Опис об'єкта дослідження

Об'єктом розгляду в даній роботі є процес ТО ІМКЗ. Технічне обслуговування мережі передбачає проведення планових та непланових (аварійних) робіт на всіх її об'єктах. Надійність ІМКЗ залежить від працездатності всіх її об'єктів.

Об'єкти ІМКЗ перебувають під постійним контролем моніторингових систем. Тому при появі відмови, яка приводить до втрати об'єктом працездатності, інформація про відмову відразу надходить в сервісний центр. Відмови, які приводять до втрати об'єктом працездатності створюють аварійні ситуації. Для усунен-

ня аварійних ситуацій в ІМКЗ передбачено проведення аварійно-відновлювальних робіт (АВР).

На об'єкті можлива поява відмов, які не виявляються за допомогою моніторингових систем. Ці відмови не приводять до втрати об'єктом працездатності, але при їх наявності ймовірність виникнення аварійної ситуації на об'єкті зростає. Такі відмови називають прихованими, а їх виявлення можливе лише підчас перебування на об'єкті ремонтної бригади. Для виявлення та усунення прихованих відмов на об'єктах ІМКЗ стратегією ТО передбачено проведення планово-профілактичного обслуговування (ППО).

Підготовка ремонтної бригади до проведення АВР та ППО здійснюється однаково. Виїзд ремонтної бригади на об'єкт спонукають дві події: аварійний виклик і виконання плану проведення ППО.

Початок проведення АВР на об'єкті ІМКЗ визначає повідомлення, що приходить від моніторингових систем в сервісний центр і сигналізує про виникнення на об'єкті аварійної ситуації. В сервісному центрі здійснюється попередній аналіз аварійної ситуації та надсилається повідомлення про необхідність проведення АВР з інформацією про аварію до ремонтного органу. Послідовність проведення робіт по ППО об'єктів ІМКЗ визначає безпосередньо сервісний центр, керуючись заздалегідь затвердженим графіком.

Після отримання повідомлення про необхідність проведення відповідного виду відновлювальних робіт, ремонтний орган надсилає в сервісний центр підтвердження про отримання цього повідомлення. Ремонтним органом проводиться аналіз отриманого повідомлення та на основі отриманої інформації проводиться підготовка ремонтної бригади (вибір необхідних запасних матеріалів та ремонтного обладнання) та здійснюється виїзд на об'єкт.

По приїзді на об'єкт ІМКЗ ремонтна бригада проводить детальне вивчення причин та наслідків відмов, що виникли, та надсилає повідомлення про причини виникнення відмови до сервісного центру та приступає до усунення наслідків відмови. Після завершення роботи на об'єкті ремонтна бригада повертається на станцію ТО та надсилає в сервісний центр звіт про виконані роботи.

3. Розробка моделі процесу технічного обслуговування об'єктів інформаційної мережі коміркового зв'язку

Відомі моделі технічного обслуговування об'єктів, які представлені в роботах [1-3] не дозволяють адекватно відобразити багатоетапний процес ТО ІМКЗ. Тому для представлення процесу ТО ІМКЗ сформовано математичну модель у вигляді системи масового обслуговування (СМО) (рис. 1). Сформована СМО складається з трьох черг (черга заявок на проведення ППО, фіктивна черга заявок на усунення прихованих відмов, черга заявок на проведення АВР) та каналу обслуговування (КО).

Черга заявок на проведення ППО відображає об'єкти ІМКЗ, на яких необхідно провести ППО. Максимальний розмір цієї черги визначає кількість об'єктів ІМКЗ, які перебувають на обслуговуванні однієї ремонтної бригади.

Фіктивна черга заявок на усунення прихованих відмов відображає поточну кількість об'єктів ІМКЗ, на яких виникли приховані відмови. В моделі передбачено, що всі приховані відмови на одному об'єкті ІМКЗ входять в одну заявку. Таким чином, максимальний розмір черги заявок на усунення прихованих відмов залежить від кількості об'єктів ІМКЗ, які знаходяться на обслуговуванні однієї ремонтної бригади.

Черга заявок на проведення АВР відображає поточну кількість аварійних ситуацій, які виникли на об'єктах ІМКЗ. Так як для кожного об'єкта ІМКЗ властива одна аварійна ситуація, то максимальний розмір черги заявок на проведення АВР залежить від кількості об'єктів ІМКЗ, які знаходяться на обслуговуванні однієї ремонтної бригади.

Процес проведення ППО і АВР, в запропонованій моделі представлено КО з багатофазним обслуговуванням, кожна фаза якого відображає відповідний етап проведення відновлювальних робіт.

Обслуговування заявок на проведення ППО. В початковий момент часу черга заявок на проведення ППО є заповненою.

Кількість заявок, які перебувають в черзі, рівна кількості об'єктів ІМКЗ, які перебувають на обслуговуванні ремонтної бригади.

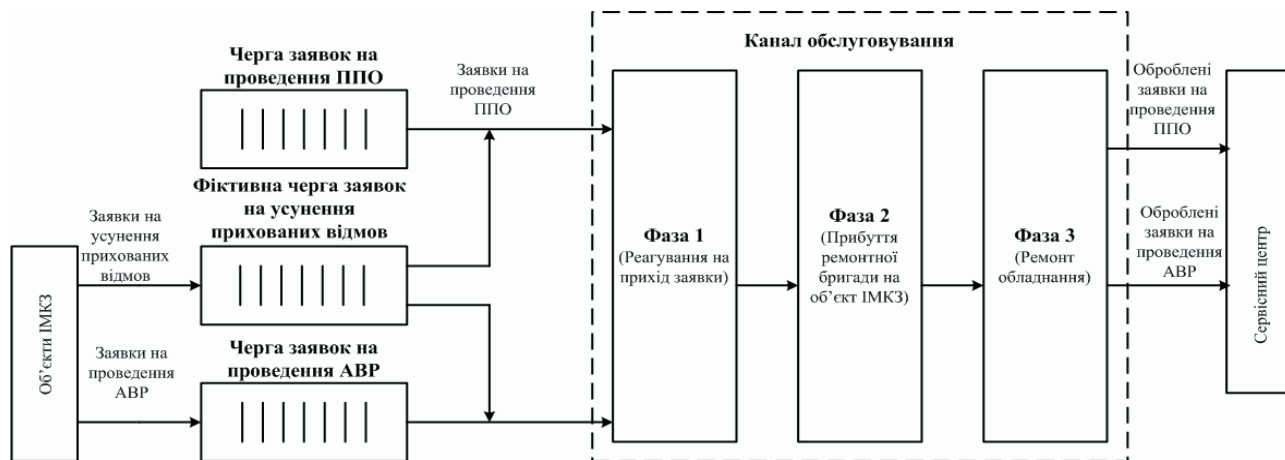


Рис. 1. Модель процесу ТО об'єктів ІМКЗ у вигляді СМО з трьома чергами та одноканальним, трифазним обслуговуванням

Якщо на об'єктах ІМКЗ, які перебувають на обслуговуванні, відсутні аварійні ситуації, тобто черга заявок на проведення АВР є порожньою, то заявки, які знаходяться в черзі заявок на проведення ППО надходять на обслуговування в КО. Обслуговування наступної заявки на проведення ППО не може розпочатися до того часу, доки не буде закінчено обслуговування попередньої, тобто одночасно можливе обслуговування лише однієї заявки.

Якщо під час обслуговування заявки на проведення ППО надходить заявка на проведення АВР, то обслуговування заявки, що знаходиться в КО проводиться до завершення. Після цього обслуговування заявок на проведення ППО припиняється, а в КО надходять заявки на проведення АВР, що знаходяться в черзі.

Обслуговування заявок на проведення ППО не розпочинається до того часу доки не будуть обслужені всі заявки на проведення АВР.

Обслуговування заявок на проведення АВР. Заявки на проведення АВР надходять в сервісний центр з інтенсивністю λ_a (інтенсивність виникнення аварійних ситуацій на об'єктах ІМКЗ). Якщо в момент надходження заявки в КО відбувається перша фаза обслуговування заявки на проведення ППО, то обслуговування цієї заявки припиняється, а заявка на проведення АВР приймається на обслуговування. Якщо в момент надходження заявки на проведення АВР в КО перебуває попередня заявка на проведення АВР або в КО відбувається друга чи третя фаза обслуговування заявки на проведення ППО, то новоприбула заявка записується в чергу заявок на проведення АВР.

Обслуговування заявок на усунення прихованих відмов. Виявлення прихованої відмови можливе лише під час перебування ремонтної бригади безпосередньо на об'єкті ІМКЗ. Тому обслуговування заявок на усунення прихованих відмов здійснюється лише при обслуговуванні заявок на проведення ППО чи АВР.

Причому, якщо заявка на усунення прихованої відмови обслуговується разом з заявкою на проведення ППО то вважається, що тривалість обробки заявки на усунення прихованої відмови уже закладена в значення середньої тривалості обробки заявки на проведення ППО.

Якщо, заявка на усунення прихованої відмови обслуговується разом з заявкою на проведення АВР, то до тривалості обслуговування заявки на проведення АВР необхідно додати тривалість обслуговування заявки на усунення прихованої відмови.

Процедура перебування заявок в каналі обслуговування. Обслуговування заявок в КО здійснюється в три фази.

Перша фаза обслуговування заявки в КО відображає процес попередньої підготовки ремонтної бригади до початку проведення робіт по ППО чи АВР. Тривалість перебування заявки на першій фазі обслуговування рівна тривалості проведення ремонтної бригадою підготовчих робіт $T_{пр}$.

Друга фаза обслуговування заявок в КО відображає процес доїзду ремонтної бригади до об'єкта, на якому проводяться відновлювальні роботи. Тривалість перебування заявки на другій фазі обслугову-

вання визначається часом, який затрачає ремонтна бригада для того щоб приїхати на об'єкт ІМКЗ і рівна T_d .

Третя фаза обслуговування заявок в КО відображає процес проведення відновлювальних робіт на об'єкті ІМКЗ. Тривалість перебування заявки на третій фазі визначається часом проведення відновлювальних робіт на об'єкті ІМКЗ $T_{ППО}$ – для заявок на проведення ППО та $T_{АВР}$ – для заявок на проведення АВР.

Для представленої на рис. 1 СМО здійснена розробка математичної моделі у вигляді графа станів та переходів та сформована система лінійних диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена, на основі розв'язання якої проводиться розрахунок необхідних показників ефективності ІМКЗ. Використання удосконаленої технології моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем [4, 5] та розробленого на її основі програмного модуля ASNA-1 дозволяє автоматизувати процес побудови графа станів і переходів та системи диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена.

Автоматизація цього процесу дозволяє безпечно здійснювати розробку графа станів і переходів великої розмірності, що в свою чергу дає змогу адекватно враховувати, як структуру так і поведінку об'єкта дослідження.

Розмірності отриманих графів станів і переходів для різної кількості об'єктів, які перебувають на обслуговуванні однієї ремонтної бригади, подано в табл. 1.

Результатом розв'язання системи диференціальних рівнянь є розподіл ймовірностей перебування ІМКЗ в станах.

Прийнято, що об'єкти ІМКЗ розбиті на K однотипних груп по N об'єктів в кожній. Для обслуговування цих груп виділено K рівноцінних бригад. Таким чином коефіцієнт готовності групи об'єктів ІМКЗ відповідає коефіцієнту готовності всієї ІМКЗ.

Коефіцієнт готовності групи об'єктів ІМКЗ визначається, як сума ймовірностей перебування цих об'єктів в працездатних станах P_i .

Формули розрахунку коефіцієнта готовності ІМКЗ при різній кількості об'єктів, які перебувають на обслуговуванні однієї ремонтної бригади мають такий вигляд:

$$K_{\Gamma} = \sum_{N=1}^8 P_i, \tag{1}$$

$$K_{\Gamma} = \sum_{N=2}^{12} P_i + \sum_{i=61}^{69} P_i, \tag{2}$$

$$K_{\Gamma} = \sum_{N=3}^{16} P_i + \sum_{i=113}^{124} P_i + \sum_{i=185}^{196} P_i, \tag{3}$$

$$K_{\Gamma} = \sum_{N=4}^{20} P_i + \sum_{i=181}^{195} P_i + \sum_{i=296}^{310} P_i + \sum_{i=411}^{425} P_i, \tag{4}$$

$$K_{\Gamma} = \sum_{N=5}^{24} P_i + \sum_{i=265}^{285} P_i + \sum_{i=433}^{450} P_i + \sum_{i=601}^{618} P_i + \sum_{i=769}^{786} P_i. \tag{5}$$

Таблиця 1

Розмірність сформованих графів станів та переходів для різної кількості об'єктів ІМКЗ, які знаходяться на обслуговуванні однієї ремонтної бригади

Кількість об'єктів ІМКЗ, N	1	2	3	4	5
Кількість станів	24	99	256	525	936
Кількість переходів	74	354	972	2060	3750

4. Оцінка ефективності комбінованої стратегії технічного обслуговування

Дослідження 1. Дослідження проводилося з метою визначення залежності коефіцієнта готовності ІМКЗ від кількості об'єктів ІМКЗ, які знаходяться на обслуговуванні однієї ремонтної бригади.

Дослідження проводилися при наступних вхідних даних:

- середнє значення тривалості підготовки ремонтної бригади до виїзду після надходження заявки $T_{пр} = 0,5$ год;
- середнє значення тривалості перебування ремонтної бригади в дорозі до об'єкта ІМКЗ $T_d = 2$ год;
- середнє значення тривалості проведення ППО на об'єкті ІМКЗ $T_{ППО} = 4$ год;
- середнє значення тривалості ліквідації аварійної ситуації на об'єкті ІМКЗ $T_{ДВР} = 1$ год;
- інтенсивність надходження заявок на проведення АВР $\lambda_a = 1e-3$ год⁻¹;
- інтенсивність виникнення фіктивних заявок на усунення прихованих відмов $\lambda_{пв} = 10e-3$ год⁻¹;
- періодичність ППО ІМКЗ $T = 6$ місяців
- коефіцієнт зростання інтенсивності появи аварійних ситуацій при наявності на об'єкті прихованої відмови $k = 10$.

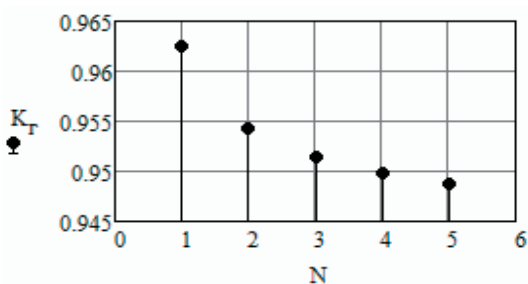


Рис. 2. Залежність коефіцієнта готовності ІМКЗ від кількості об'єктів, які перебувають на обслуговуванні однієї ремонтної бригади

Подані на рис. 2 результати показують залежність коефіцієнта готовності групи об'єктів ІМКЗ при кон-

кретних вхідних даних при різній кількості об'єктів ІМКЗ, які перебувають на обслуговуванні однієї ремонтної бригади.

Дослідження 2. В даному дослідженні поставлено за мету визначити вплив періодичності проведення ППО кожного об'єкта на значення коефіцієнта готовності ІМКЗ, коли на цю періодичність впливає інтенсивність виникнення аварійних ситуацій. Дане дослідження проводилося при вхідних даних, представлених в дослідженні 1 з врахуванням того, що на обслуговуванні однієї ремонтної бригади знаходиться 5 об'єктів ІМКЗ.

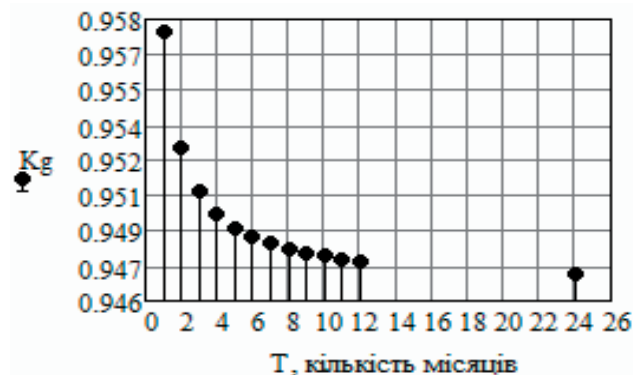


Рис. 3. Залежність коефіцієнта готовності ІМКЗ від періодичності проведення ППО для кожного її об'єкта

Подані на рис. 3 результати показують значення коефіцієнта готовності ІМКЗ при періодичності проведення ППО для кожного її об'єкта від 1 до 24 місяців. У випадку, якщо отримані результати є незадовільними, визначаються зміни нормативів на проведення АВР.

5. Висновки

Запропонована модель дозволяє отримати показники надійності мережі (функція готовності, коефіцієнт готовності та інші) при заданих параметрах технічного обслуговування. А також оцінити можливість ремонтної бригади вкластися в нормативи проведення планово-профілактичного обслуговування (наприклад, тривалість проведення одного циклу планово-профілактичного обслуговування групи об'єктів інформаційної мережі зв'язку, закріплених за однією ремонтною бригадою) при відомій інтенсивності виникнення аварійних ситуацій в цій групі.

Проте при оцінці ефективності вибраної стратегії технічного обслуговування, окрім описаних показників надійності, необхідно звертати увагу і на економічні показники. Тому на майбутнє актуальною залишається задача виведення формул розрахунку економічних показників процесу технічного обслуговування об'єктів інформаційної мережі зв'язку.

Література

1. Технічне обслуговування систем з почасовою надмірністю [Текст] / Креденцер Б.П., Ленков С.В., Міночкін А.І., Могилевич Д.І., Резніков М.І. – К.: ВІПІ НТУУ «КПІ», 2009. – 172 с.

2. Барзилович, Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем [Текст] / Е.Ю. Барзилович. – М.: Высш. школа, 1982. – 231 с.
3. Байхельт, Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход [Текст] / Ф. Байхельт, П. Франкен Пер. с нем. – М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.
4. Волочий, Б.Ю. Технологія моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем [Текст] / Б.Ю. Волочий. – Львів: НУЛП, 2004. – 220с.
5. Мандзій, Б.А. Оцінювання показників надійності відмовостійкої системи на основі мажоритарної структури з врахуванням параметрів стратегії аварійного відновлення [Текст] / Б.А. Мандзій, Б.Ю. Волочий, Л.Д. Озірковський, М.М. Змисний, І.В. Кулик // Вісник НУ “Львівська політехніка”. Радіотехніка та телекомунікації. – 2011. – №705. – С. 216–224.

Abstract

In this paper the object of investigation is one of the variants of combined strategy of maintenance of cellular network when the one repair team doing planned-preventative maintenance and disaster recovery. To building a mathematical model the maintenance is represented as a queuing system. Graph of states and transitions for the queuing system is developed, and the Kolmogorov – Chapman system of differential equation is formed. Solution of the equations allows to make reliability indexes (function availability, availability factor) and calculate of duration of stay a repair crews in various stages of reconstruction. Dependence of the availability factor of the cellular network on the number of objects in the group, which maintained of one repair team and the periodicity of maintenances of each object are shown

Keywords: information network, availability factor, maintenance, queuing system, a model of reliability

Розглянута актуальність своєчасного лікування людей з серцево-судинними захворюваннями. Проаналізований зміст програмно-апаратного комплексу типу «Електронний ніс», який реалізує принципи функціональної діагностики. Сформовані результати статистичної обробки даних: знайдені відмінності між пробами повітря приміщення, де проводилось дослідження, пробами здорових осіб та пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

Ключові слова: газовий портрет, хімічні датчики, проба повітря, яке видихається, серцево-судинна система, функціональна діагностика

Рассмотрена актуальность своевременного лечения людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Приведено краткое содержание программно-аппаратного комплекса типа «Электронный нос», который реализует принципы функциональной диагностики. Сформулированы результаты статистической обработки данных: найдены различия между пробами воздуха помещения, пробами здоровых и пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями

Ключевые слова: газовый портрет, химические датчики, проба выдыхаемого воздуха, сердечно-сосудистая система, функциональная диагностика

УДК 621.6.021

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ С СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ С ПОМОЩЬЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГАЗООБМЕНА

В.С. Якимчук

Инженер

Кафедра биомедицинской инженерии
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»
ул. Янгеля, 16/2, г. Киев, Украина, 03056
Контактный тел.: 067-138-39-65
E-mail: viktoria.iakymchuk@gmail.com

1. Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются одной из самых актуальных проблем современ-

ности. Это вызывает необходимость создания метода диагностики функционального состояния человека, который позволит предотвратить развитие хронической формы болезни.