

МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА КОМПЛЕКСНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

У статті сформульовані основні завдання управління інформаційними мережами та послугами телекомунікацій з точки зору забезпечення їх надійного функціонування. Телекомунікаційна мережа розглядається як складна система, яка складається із багатьох компонентів, кожен із яких має свої особливості функціонування в процесі експлуатації. Визначені основні функції системи контролю телекомунікаційної мережі: виявлення несправностей і діагностування стану мережі, адміністрування мережних пристроїв, прогнозування і усунення перевантажень та інших можливих відхилень у функціонуванні мережі, забезпечення погодженої взаємодії між різними типами систем управління в цілях надання телекомунікаційних послуг із заданою якістю.

Методи аналізу та керування мережами за своєю суттю є різновидом методів ідентифікації, тобто поточного оцінювання параметрів та стану складних технічних систем. Існує тісний взаємозв'язок завдань ідентифікації та діагностики. Методи розв'язання цих завдань у значній мірі залежать від класу, до якого можна віднести об'єкт ідентифікації. Комп'ютерні та телекомунікаційні мережі відносяться до класу розподілених систем із затримками сигнальної та керуючої інформації. Для аналізу стану таких систем застосовуються методи ретроспективної ідентифікації.

Досліджено вплив затримок сигнальної і керуючої інформації на ефективність пошуку і визначення місць відмов, перевантажень і аварійних режимів в телекомунікаційних мережах. Наведені результати комп'ютерного моделювання. В роботі знайшов подальший розвиток підхід, заснований на регулярному контролі параметрів і стану мережних вузлів з урахуванням затримок надходження інформації про параметри і стан конкретного мережного вузла і затримок керуючої інформації, необхідної для регулювання параметрів мережного вузла як об'єкта управління.

Ключові слова: телекомунікаційна система, методи ідентифікації, комплексна діагностика, система управління, складна система, затримка керуючої інформації

Вступ. Одним з чинників в забезпеченні надійності телекомунікаційних мереж і систем служить ефективно управління їх ресурсами [1-5]. Однією із найважливіших задач розробки телекомунікаційної системи (ТКС) є створення системи управління (СУ), яка є спеціальною інфраструктурою, що забезпечує організацію взаємодії з компонентами різних автономних сегментів мереж передачі даних на основі єдиних інтерфейсів і протоколів обміну інформацією.

Основні завдання управління інформаційними мережами та послугами телекомунікацій з точки зору забезпечення їх надійного функціонування можна сформулювати наступним чином.

1) Процес створення ТКС – це багатоплановий процес, що складається з декількох взаємопов'язаних етапів. Після вибору структури системи, який супроводжується математичним моделюванням, виготовляється апаратура, що входить до складу системи. Контроль і випробування на принципові функції мережі також мають бути безперервним і тривалим процесом.

2) Апаратні засоби ТКС складаються з різних комплектуючих елементів. По своєму призначенню апаратура підрозділяється на засоби обчислювальної техніки, передачі, відтворення і зберігання інформації, відображення інформації, джерела живлення і т.д.

3) На функціональність ТКС в процесі експлуатації роблять вплив різноманітні чинники. Ця особливість вимагає проведення випробувань, що дозволяють виявити їх вплив в різних режимах використання системи.

4) На всіх наступних етапах створення ТКС враховуються результати перевірок та іспитів апаратури, елементи якої створені на попередніх етапах. За результатами цих іспитів вводяться корективи до початкового проекту.

5) Кожна велика система вимагає розробки своєї методики випробувань, що відображає її особливості; контроль надійності елементів, що входять до складу великої системи, слід розглядати як попередній етап контролю надійності всієї системи.

Вищесказане обумовлює актуальність і необхідність проведення досліджень щодо забезпечення надійності функціонування як окремих елементів, так і телекомунікаційної системи в цілому.

Аналіз останніх публікацій. Телекомунікаційну мережу слід розглядати як складну систему [1-5], яка складається із багатьох компонентів, кожен із яких має свої особливості функціонування в процесі експлуатації. Організаційна структура забезпечує реалізацію завдань управління, експлуатації і технічного обслуговування різноманітного комп'ютерного устаткування, оперативного контролю і адміністрування мережних пристроїв, а також погодженої взаємодії між різними типами систем управління в цілях надання послуг із заданою якістю.

У сферу управління потрапляють практично всі види мереж і систем, що існують в даний час, а також типи комп'ютерного устаткування. Об'єктами управління є комп'ютерні ресурси, що фізично представляють собою реальне устаткування, на яке подаються керуючі сигнали. Фізично компоненти керованої комп'ютерної мережі (устаткування систем комутації, систем передачі і так далі, визначувані як мережні елементи), можуть бути як зосередженими (централізованими), так і розподіленими. Основні функції системи управління ТКС можна сформулювати наступним чином.

1) Управління робочими характеристиками (якістю роботи) здійснюється через функції управління, необхідні для визначення технічного стану мережних елементів і ефективності функціонування комп'ютерної мережі в цілому. Сукупна інформація про роботу комп'ютерної мережі поступає періодично, забезпечуючи тим самим статистику роботи комп'ютерної мережі і дозволяючи планувати різні дії, що управляють. По суті, дана функціональна область визначає фазу виміру робочих характеристик.

2) Управління усуненням несправностей забезпечує можливості виявлення, визначення несправності в комп'ютерній мережі, їх реєстрацію, доведення відповідної інформації до обслуговуючого персоналу, видачу рекомендацій по усуненню несправностей.

3) Управління конфігурацією забезпечує інвентаризацію мережних елементів (їх типи, місцезнаходження, ідентифікацію і тому подібне), включення елементів в роботу, їх конфігурацію і вихід з роботи, встановлення і зміну фізичних з'єднань між елементами.

4) Управління розрахунками здійснює контроль міри використання мережних ресурсів і підтримує функції по нарахуванню оплати за це використання.

5) Управління безпекою необхідне для захисту комп'ютерної мережі від несанкціонованого доступу. Воно може включати обмеження доступу за допомогою паролів, видачу сигналів тривоги при спробах несанкціонованого доступу, відключення небажаних користувачів або, навіть, криптографічний захист інформації.

У широкому сенсі завдання контролю, діагностики та пошуку несправностей у мережному устаткуванні є завданнями теорії надійності та технічної експлуатації [6, 7]. Для мереж із незначною кількістю устаткування проблема відмов мережних вузлів стоїть не так гостро, оскільки, наприклад, сучасні комутаційні вузли (маршрутизатори, комутатори, мости, повторювачі) мають досить високу надійність. Тому в багатьох практичних ситуаціях розподіл, маршрутизація та загальне керування трафіком здійснюється цілком задовільно [4]. Проте несправності устаткування або програмного забезпечення можуть привести до дуже серйозних проблем. Наприклад, якщо маршрутизатор заявить про існування лінії, якої у нього насправді немає, або навпаки, перестане враховувати існування лінії, що є у нього, граф підмережі, через яку здійснюється доставляння даних, виявиться невірним. Якщо маршрутизатор не зможе переслати пакети або пошкодить їх при пересилці, також виникне

проблема. Нарешті, якщо у маршрутизатора закінчиться вільна пам'ять або виникне помилка в розрахунках маршрутів, також можливі різні неприємності.

Усі ці проблеми виникають не тільки при перевантаженні окремих вузлів, маршрутів, автономних сегментів або при збоях програмного забезпечення, але й при відмовах електронних елементів мережного устаткування. Все, що можна тут зробити, – це спробувати обмежити шкоду, що наноситься практично неминучим виходом з ладу устаткування. Ці проблеми і методи їх розв'язання детально обговорюються в [6-8].

Однак у всіх проаналізованих роботах завдання поточного контролю, діагностики мереж, виявлення відмов конкретних мережних вузлів та визначення типу відмови розглянуті недостатньо докладно.

Таким чином, найважливішою функціональною областю управління системи є здійснення контролю функціонування телекомунікаційної мережі й усунення перевантажень та інших можливих несправностей, що є невід'ємною частиною в забезпеченні необхідного рівня надійності мережі.

Постановка задачі дослідження. Методи аналізу та керування мережами за своєю суттю є різновидом методів ідентифікації, тобто поточного оцінювання параметрів та стану складних систем [3, 9]. Аналіз методів ідентифікації об'єктів керування і способів оцінювання їх поточного стану обумовлений тісним взаємозв'язком завдань ідентифікації та діагностики. Методи розв'язання цих завдань у значній мірі залежать від класу, до якого можна віднести об'єкт ідентифікації. Зокрема, для розподілених систем із затримками сигнальної та керуючої інформації, до яких можна віднести комп'ютерні та телекомунікаційні мережі, доцільно застосовувати методи ретроспективної ідентифікації [10].

Зважаючи на досить широку номенклатуру та велику кількість різноманітних типів мережного обладнання телекомунікаційну мережу з пакетною комутацією слід розглядати як складну систему з неповною інформацією про її стан і параметри [4]. Крім того, в таких системах мають місце затримки сигнальної і керуючої інформації, що виникають при доставці даних по каналах зв'язку і при обробці в проміжних комутаційних вузлах.

Для забезпечення стабільного функціонування цієї системи, включаючи навантаження окремих маршрутів та вузлів сегмента мережі, необхідно здійснювати постійне спостереження параметрів і стану системи пошуку відмов. При цьому слід враховувати, що затримки передачі сигнальної і керуючої інформації мають випадковий характер і можуть змінюватися в широких межах. Затримка аргументу навіть для простого диференціального рівняння першого порядку з постійними коефіцієнтами призводить до появи післядії [11-13]. Крім того, якщо вихідне рівняння має стійке рішення, стабільність рішення того ж рівняння із затриманим (запізнілим) аргументом не гарантована.

Загального методу розв'язання таких задач не існує, але встановлено [12], що найбільш ефективним методом якісного аналізу диференціальних рівнянь із затриманим аргументом є апроксимація похідних кінцевими різницями, тобто перехід від диференціальних до різницевих рівнянь. В роботі [14] показано, що при управлінні потоками і процесами в інформаційно-комунікаційних мережах мають місце затримки отримання інформації про стан і параметри мережі, які носять випадковий характер і можуть змінюватися в широких межах. Також мають місце затримки інформації, використовуваної для зміни параметрів мережних вузлів, маршрутів і автономних частин.

Оцінювання параметрів і стану телекомунікаційної мережі як динамічної системи з запізненням. Вплив затримок сигнальної і керуючої інформації на ефективність пошуку і визначення місць відмов, перевантажень і аварійних режимів в мережах зв'язку досить детально розглянуті в [3, 6-8, 11, 14]. Задача оцінювання параметрів і стану динамічної системи з запізненням, яка використовується в якості моделі сегмента мережі, представляє собою задачу ретроспективної ідентифікації [10, 13]. Неоднорідне диференціальне рівняння з постійними коефіцієнтами і затриманим (запізнілим) аргументом має наступний вигляд:

$$\frac{dy_{as}(t)}{dt} = by_{as}(t - \tau_k) + u(t - \tau_m), \quad (1)$$

де $y_{as}(t)$ – шукана функція; $u(t)$ – збудження; b – коефіцієнт зворотного зв'язку; τ_k , τ_m – затримки сигнальної і керуючої інформації, причому в загальному випадку $\tau_k \neq \tau_m$.

Рівняння (1) можна представити в дискретизованому вигляді, якщо апроксимувати його рівнянням в кінцевих різницях виду

$$y_{as}(n) \approx y_{as}(n-1) + by_{as}(n-k) + u(n-m), \quad (2)$$

де $y_{as}(n)$ – функція стану об'єкта; $u(n-m)$ – керуючий сигнал; k і m – затримки сигналів стану і управління відповідно.

Тоді системна функція об'єкта, яка описується рівнянням (2), має такий вигляд:

$$H(z) = \frac{z^{-m}}{1 - z^{-1} - bz^{-k}}, \quad (3)$$

Характеристичний поліном функції (3) визначається як

$$z^k - z^{k-1} - b = 0. \quad (4)$$

В [14] показано, що зменшучи абсолютну величину коефіцієнта зворотного зв'язку в контурі управління при збільшенні затримок сигналів управління забезпечується підтримка стійкості системи управління, яка описується системною функцією (3) з характеристичним поліномом (4).

Рівняння (2) можна розглядати як найпростіше рівняння управління зосередженим об'єктом із затримками сигналів стану і управління. Типова модель такого вузла мережі як об'єкта контролю, показана на рис. 1 [13], де $x(n)$ – інформаційний сигнал; $u(n)$ – керуючий сигнал; z^{-m} , z^{-k} – елементи затримки, яка має місце при доставці інформації; в загальному випадку значення затримки інформації [13] про висхідному і низхідному каналах обміну даними не збігаються ($k \neq m$); z^{-l} – елемент затримки реакції вузла мережі на варіації його стану; z^{-r} – затримка обробки пакета в об'єкті управління; $\eta(n)$ – зовнішні шуми та інтерференція, що зумовлюють спотворення і втрати пакетів.

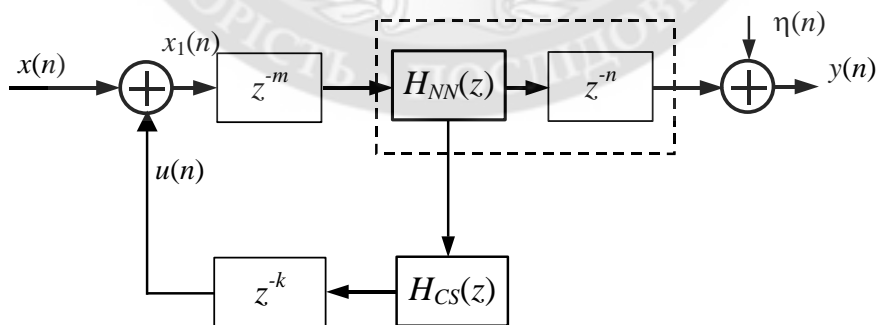


Рисунок 1 – Типова структура системи контролю та управління мережевим вузлом

Система зворотного зв'язку, повинна надавати певний відгук на варіації стану вузла зв'язку, як об'єкта управління, наприклад, перевантаження, зменшення пропускної здатності, спустошення буфера, неналежне функціонування, повна або часткова відмова і т.п. Для коректної роботи систем управління надійністю, час відгуку має бути налаштоване дуже ретельно [4]. Щоб мати відповідну якість процесу управління, потрібно застосовувати певний спосіб адаптації, але правильний вибір постійних часу – це нетривіальне питання.

Аналітичний вираз для передатної функції $H_1(z) = X_1(z)/X(z)$ об'єкта, яким керує система управління, має наступний вигляд [13]:

$$H_1(z) = \frac{1}{1 - H_{NN}(z)z^{-m}H_{CS}(z)z^{-(k+l)}}. \quad (5)$$

Відповідний вираз для передатної функції $H_y(z)$ системи в цілому має вигляд:

$$H_y(z) = \frac{z^{-r}}{1 - H_{NN}(z)H_{CS}(z)z^{-(m+k+l)}} + \Xi(z), \quad (6)$$

де співвідношення енергії сигналу до модуля комплексної спектральної щільності зовнішньої завади $\xi(n)$ визначається як

$$|Q_\xi(z)| = \frac{\left| \left[X_1(z^{-(m+r)})H_{NN}(z^{-r}) \right] \left[X_1^*(z^{m+r})H_{NN}^*(z^r) \right] \right|}{|\Xi(z)\Xi^*(z^{-1})|}. \quad (7)$$

Вираз (6) в разі великих значень відношення сигнал/шум зводиться до загальної передатної функції (5) системи із затримками сигнальної і керуючої інформації.

Моделювання системи управління. В роботі досліджуються особливості функціонування системи управління для різних параметрів мережного трафіку (зокрема, трафіку Triple/QuadroPlay з самоподібними властивостями) і з різними випадковими похибками і спотвореннями. З використанням виразів (5)...(7) було проведено цифрове моделювання системи управління параметрами комутаційного вузла.

Головною метою моделювання було дослідження залежності варіацій довжини черги від часу реакції мережного вузла (число періодів l , якому відповідає затримка z^{-l}) в порівнянні з часом затримки обробки і доставки даних (число періодів z^{-m} , z^{-k} відповідно). В якості тестового інформаційного сигналу $x(t)$ була обрана ступінчаста функція зміни миттєвої інтенсивності мережного трафіку з накладеним на неї аддитивним випадковим процесом, розподіленим за законом Парето.

Результати моделювання для двох значень відносної затримки реакції мережевого вузла $l = 20$ і $l = 10$ при повній затримці обробки і доставки $m + k = 10$ представлені на рис. 2 і 3, відповідно.

Тут: $q(k)$ – перехідна характеристика системи управління із затримками обробки інформаційного та керуючого сигналів; l – число періодів, якому відповідає затримка z^{-l} ; m і k – числа періодів, яким відповідають затримки z^{-m} і z^{-k} обробки і доставки даних, відповідно.

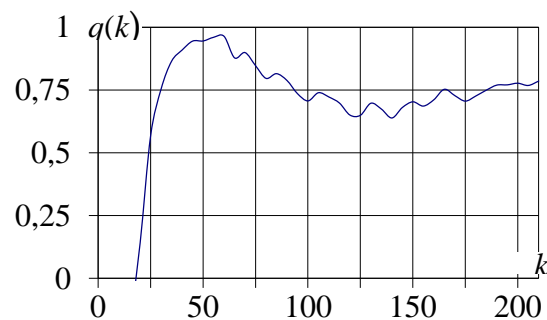


Рисунок 2 – Залежність змін довжини черги від часу реакції мережного вузла
 $l = 20$, $m + k = 10$

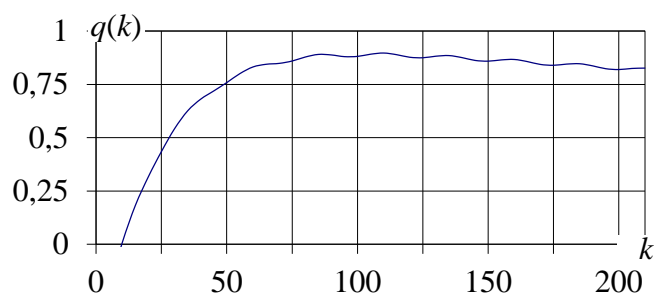


Рисунок 3 – Залежність змін довжини черги від часу реакції мережного вузла
 $l = 10, \quad m + k = 10$

Як видно з рис. 2 і 3 при значній різниці затримки реакції мережного вузла і повної затримки обробки і доставки даних має місце мінімальний запас стійкості системи управління за критерієм перевантаження буфера. При сплесках мережної активності, обумовлених, наприклад, пачковістю самоподібного трафіку, зростає ризик перевантаження буфера, відкидання пакетів керуючого сигналу, і, як наслідок, переходу системи управління мережею в режим незатухаючих коливань [3]. У той же час при узгодженні згаданих затримок забезпечується достатній ресурс стійкості управління за критерієм перевантаження буфера для тих же статистичних характеристик сплеску мережної активності. Треба відзначити, що затримки у виявленні і розпізнаванні корисних сигналів і завад або фактів відмов обладнання мають місце не тільки при описі статистичних характеристик, але і при оцінці різних часових параметрів сигналів, застосуванні принципів накопичення сигналів тощо. Для оптимального вибору таких важливих характеристик систем управління, як поточний час реакції об'єкта контролю, необхідно постійно аналізувати затримки сигнальної і керуючої інформації і налаштовувати під них параметри комутаційних вузлів. Цілком логічно вибирати величину поточного часу реакції об'єкта контролю близькою до величини згаданих затримок. Про це ж свідчать і результати цифрового моделювання. Це можна робити, наприклад, з використанням елементарного різницевого рівняння першого порядку з коефіцієнтом, який задається в залежності від характеристик мережних вузлів і поточних параметрів трафіку [3, 14].

У роботі [15] з використанням наведених моделей розроблено метод та пристрій контролю перевантаженнями та управління миттєвою інтенсивністю трафіку шляхом застосування багатошвидкісного згладжування потоків трафіку з урахуванням затримок сигнальної та управляючої інформації. Результати моделювання показують, що усунення перевантаження досягається за короткий час, тому коливання навантаження відносно невеликі. Якщо тривалість спалахів перевищує динамічний резерв стійкості пристрою, можуть статися як затори, так і втрата контролю ротоків трафіку. Для запобігання цього явища потрібний поточний контроль затримок сигнальної та управляючої інформації та вирівнювання реакції мережних вузлів до цих затримок.

Висновки. Телекомунікаційну мережу слід розглядати як складну систему, яка складається із багатьох компонентів, кожен із яких має свої особливості функціонування в процесі експлуатації. Організація взаємодії компонентів мережі передачі даних на основі єдиних інтерфейсів і протоколів обміну інформацією здійснює система управління, яка є спеціальною інфраструктурою телекомунікаційної мережі.

В статті сформульовані основні завдання управління інформаційними мережами та послугами телекомунікацій з точки зору забезпечення їх надійного функціонування.

Обґрунтована важливість задачі здійснення контролю функціонування мережі, виявлення несправностей і діагностика стану мережі, передбачування і усунення перевантажень та інших можливих відхилень у функціонуванні мережі.

Методи аналізу та керування мережами за своєю суттю є різновидом методів ідентифікації, тобто поточного оцінювання параметрів та стану складних систем.

Для забезпечення безумовної працездатності складних систем в умовах можливої наявності різних дефектів в апаратурі, зміни режимів роботи, дії збурень, завад та інших несприятливих чинників в системі закладається різного роду надмірність: структурна, апаратна, сигнальна, інформаційна та інші.

В даній роботі знайшов подальший розвиток підхід, заснований на регулярному контролі параметрів і стану мережевих вузлів з урахуванням затримок інформації про параметри і стан конкретного мережевого вузла і затримок керуючої інформації, необхідної для регулювання параметрів мережевого вузла як об'єкта управління.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Stallings W. Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. - Pearson Education, Inc., Old Tappan, New Jersey, 2016. - 538 pp.
2. Савченко А.С. Концептуальная модель системы управления крупной корпоративной сетью / А.С. Савченко // Проблемы информатизации та управління. – Київ: НАУ, 2011. – Вип. 2(34). – С. 120-128.
3. Бестугин А. Р. Контроль и диагностирование телекоммуникационных сетей / А.Р. Бестугин, А.Ф. Богданова, Г.В. Стогов. – Санкт-Петербург: Политехника, 2003. – 174 с.
4. Tanenbaum A.S., Computer Networks, 5th Ed./ Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall. – Prentice Hall, Cloth, 2011. – 960 p.
5. Cui Y. Data Centers as Software Defined Networks: Traffic Redundancy Elimination with Wireless Cards at Routers // Y. Cui, S. Xiao, C. Liao, I. Stojmenovic, M. Li. – IEEE Journal on Selected Areas in Communications. December 2013. – Vol. 31, No. 12. – P. 1-15.
6. Бигелов С. Сети: поиск неисправностей, поддержка и восстановление / С. Бигелов. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2005. – 1200 с.
7. Уилсон Э. Мониторинг и анализ сетей. Методы выявления неисправностей / Э. Уилсон. – Москва: Лори, 2002. – 363 с.
8. Mizrak A.T. Detecting Malicious Routers. Ph. D. Dissertation, University of California, San Diego, CA, 2007. – 155 p.
9. Крук Б. И. Телекоммуникационные системы и сети. Том 1 – Современные технологии / Б.И. Крук, В.Н. Попантонопуло, В.П. Шувалов; под ред. проф. В.П. Шувалова. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2003. – 647 с.
10. Гельфандбейн Я.А., Колосов Л.В. Ретроспективная идентификация возмущений и помех / Я.А. Гельфандбейн, Л.В. Колосов. – Москва: Сов. радио, 1972. – 232 с.
11. Эсгольц Л.Э. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом / Эсгольц Л.Э., Норкин С. Б. – Москва: Наука, 1971. – 296 с.
12. Беллман Р. Дифференциально-разностные уравнения; пер. с англ. / Беллман Р., Кук К.Л. – Москва: Мир, 1967. 548 с.
13. Торошанко Я.И. Ретроспективная идентификация информационных и управляющих сигналов в интеллектуальных сетях связи / Я.И. Торошанко, Л.И. Танцюра, Л.А. Дёмина // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2015. – №2. – С. 111-115.
14. Лесная Н.Н. Разработка алгоритма управления интеллектуальными мультисервисными сетями / Н.Н. Лесная // Проблеми підвищення ефективності інфраструктури. – Вип. 11. – Київ, 2005. – С. 150-155.
15. Toroshanko Y. Control of Traffic Streams with the Multi-Rate Token Bucket / Yaroslav Toroshanko, Nataliia Yakymchuk, Yosyp Selepyna, Vyacheslav Cherevyk // 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT). IEEE Xplore: 2-6 July, 2019, Lviv, Ukraine. – P. 352-355.

REFERENCES:

1. Stallings W. (2016). Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. - Pearson Education, Inc., Old Tappan, New Jersey. 538 p.
2. Savchenko A.S. (2011). Conceptual Model of a Large Corporate Network Management System / A.S. Savchenko // Problems of Informatization and Management. Kyiv: NAU. No. 2(34). PP. 120-128.
3. Bestugin A.R., Bogdanova A.F., and Stogov G.V. (2003). Control and Diagnostics of Telecommunication Networks. Sankt-Peterburg: Polytechnica, 2003. 174 p.
4. Tanenbaum A.S., and Wetherall D.J. (2011). Computer Networks, 5-th ed. Prentice Hall, Cloth. 960 p.

5. Cui Y., Xiao S., Liao C., Stojmenovic I., and Li M. (2013). Data Centers as Software Defined Networks: Traffic Redundancy Elimination with Wireless Cards at Routers. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. December 2013. Vol. 31. No. 12. P. 1-15.
6. Bigelow S. (2005). Networks: Troubleshooting, Support and Recovery / S. Bigelow. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg. 1200 p.
7. Wilson E. (2002). Monitoring and Analysis of Networks. Troubleshooting Methods. Moscow: Lori, 2002. 363 p.
8. Mizrak A.T. (2007). Detecting Malicious Routers. Ph. D. Dissertation, University of California, San Diego, CA. 155 p.
9. Kruk B.I., Popantonopulo V.N., and Shuvalov V.P. (2003). Telecommunication Systems and Networks. Vol. 1 – Modern Technologies. Moscow: Goryachaya Liniya – Telecom. 647 p.
10. Gelfandbein Ya.A., Kolosov L.V. (1972). Retrospective Identification of Disturbances / Moscow: Sov. radio, 1972. 232 p.
11. Esgolts L. E., and Norkin S. B. (1971). Introduction to the Theory of Differential Equations with Deviating Argument. Moscow: Nauka. 296 p.
12. Bellman R., and Cook K. L. (1967). Differential Difference Equations. Moscow: Mir. 548 p.
13. Toroshanko Ya.I., Tantsyura L.I., and Dyomina L.O. (2015). Retrospective Identification of Signal and Control Data in Intelligent Telecommunication Networks. Proceeding of the O. S. Popov ONAT. No.2. 111-115 p.
14. Lesnaya N.N. (2005). Development of Control Algorithm Intelligent Multiservice Networks. Problems Efficiency Infrastructure. Collected works. Kyiv. Issue 11. 150-155 p.
15. Yaroslav Toroshanko, Nataliia Yakymchuk, Yosyp Selepyna, and Vyacheslav Cherevyk. Control of Traffic Streams with the Multi-Rate Token Bucket. 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), 2-6 July, 2019, Lviv, Ukraine. PP. 352-355.

Yakymchuk N.M., Toroshanko A.I.

METHODS OF IDENTIFICATION AND COMPREHENSIVE DIAGNOSIS OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS

The article formulates the main tasks of management of information networks and telecommunications services in terms of ensuring their reliable operation. The telecommunication network is considered as a complex system consisting of many components, each of which has its own characteristics of operation during operation. The main functions of the telecommunication network control system are determined: fault detection and network status diagnostics, network device administration, forecasting and elimination of congestion and other possible deviations in network functioning, ensuring coordinated interaction between different types of control systems for providing telecommunication services with specified quality.

Methods of analysis and management of networks are essentially a kind of identification methods, i.e. the current assessment of the parameters and condition of complex technical systems. There is a close relationship between identification and diagnostic tasks. The methods for solving these problems largely depend on the class to which the identification object can be assigned. Computer and telecommunication networks belong to the class of distributed systems with delays in signal and control information. Methods of retrospective identification are used to analyze the state of such systems.

The influence of delays of signal and control information on the efficiency of search and determination of places of failures, overloads and emergency modes in communication networks is investigated. The results of computer simulation are given. The approach based on regular control of parameters and condition of network nodes taking into account delays of receipt of information on parameters and a condition of a concrete network node and delays of the control information necessary for adjustment of parameters of a network node as control object has found further development.

Keywords: telecommunication system, identification methods, complex diagnostics, control system, complex system, delay of control information.