DOI 10.18372/2310-5461.58.17653
УДК 004:7

В. В. Козловський**,** д-р техн. наук, професор
Національний авіаційний університет, Київ
orcid.org/0000-0002-8301-5501
e-mail: vvkzeos@gmail.com;

Б. М. Залевський**,** аспірант
Національний авіаційний університет, Київ
orcid.org/0009-0008-8580-7722
e-mail: zalevskiybohdan@gmail.com

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОДНОКАНАЛЬНИХ БЕЗПРОВОДОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ПРИ УМОВІ МІНІМІЗАЦІЇ ОБСЯГУ ЗАДІЯНИХ РЕСУРСІВ

Вступ

Сучасні телекомунікаційні мережі (ТКМ) відіграють все більшу роль в розвитку всіх каналів взаємодії в суспільстві та розвитку економічних відносин та постійно висуваються на все більш різноманітні їх використання. Наприклад, на фоні збільшення можливостей безпроводових телекомунікаційних мереж поява та розвиток технології «Інтернет речей» привела та різкого і значного збільшення пристроїв, які підпадають під віддалене керування при застосуванні всіх видів телекомунікаційних мереж. А особливо це є актуальним та важливим при реалізації масованих віддалених доступів окремих користувачів до технології «Інтернету речей» засобами безпроводових мобільних ТКМ. Абоненти будь-яких сучасних безпроводових ТКМ очікують від них, перш за все, стабільного і надійного процесу передачі корисних даних в умовах всього спектру різноманітних перешкод, збурень та відмов функціонування. Одним з елементів забезпечення стабільного і надійного процесу передачі корисних даних є завдання підтримання надійності функціонування ТКМ [1,2]. Необхідно відмітити, що надійність залишається однією з вимог, представлених в рекомендаціях Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ-Т). Наприклад, відповідно з Рекомендацією МСЕ-Т X.120, та нормативних документів України ТКМ повинна бути безпечною, надійною і доступною користувачеві в будь-який момент часу [2,3].

Міжнародним союзом електрозв'язку проведено роботу з вивчення зовнішніх деструктивних впливів (L.392) на телекомунікаційні мережі та постійно відпрацьовуються рекомендації для підвищення надійності мережі методами поліпшення топології, резервування окремих елементів мережі, забезпечення декількох, залежно від важливості, просторово розподілених маршрутів до об'єкта зв'язку тощо [4].

Виходячи з цього, вирішення завдання щодо забезпечення високого рівня надійності безпроводових телекомунікаційної мережі є своєчасним і актуальним, а його результати набувають особливого значення.

В ряді наукових робіт доведено, що надійність ТКМ безпосередньо пов'язана з типом обраної топології побудови мережі. Необхідно відмітити, що вибір та реалізація обраного типу топології мережі є одним з основних і найбільш витратних завдань [1,5]. Для великих, ієрархічно розгалужених та територіально розподілених ТКМ застосовуються, як правило, топології змішаного типу з довільними зв'язками [5]. Вище визначений метод має ряд особливостей та недоліків, до головного з яких слід віднести достатньо велику вартість складних та розгалужених топологічних схем.

Якщо телекомунікаційна мережа з самого початку проектується по одній з схем побудов, обраній при умові мінімізації обсягу задіяних ресурсів, то виникає питання вибору та обґрунтування притаманного їй найбільш оптимального методу забезпечення надійності та методики оцінки її надійності.

Виходячи з аналізу схеми реалізації доступу абонента до безпроводової ТКМ, призначеної для забезпечення передачі даних та керування віддаленими об'єктами по технології «Інтернет речей» можна зробити висновок про те, що загалом в цьому процесі задіяна одноканальна топологічна схема [1,5].

Виходячи з цього формується нова актуальна наукова задача щодо аналізу найбільш оптимальних по мінімізації задіяного ресурсу схеми побудови безпроводової одноканальної телекомунікаційної мережі, вибору методу забезпечен-

© Козловський В. В., Залевський Б. М., 2023

ня її надійності та розробки методичного підходу до оцінки надійності відносно такої схеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання оцінки надійності різних схем побудови телекомунікаційних мереж присвячено ряд робіт.

В роботі [6] розглянуто питання оцінки структурної надійності ТКМ, побудованих по невизначеній топології на основі імітаційного моделювання. З метою отримання результатів в роботі запропоновано окрему модель оцінки надійності, яка суттєво прив'язана до одного з варіантів побудови телекомунікаційної мережі, а саме моделі невизначеної топології, яка по суті є одним з варіантів складної побудови.

Роботи [7,8] присвячені вирішенню задання комплексної оцінки надійності телекомунікаційного обладнання мереж зв'язку. Для чого в них подана відповідна узагальнена модель оцінки. При цьому, розгляд типології побудови телекомунікаційної мережі в вказаних роботах відсутній.

Загальний підхід до моделювання та аналізу надійності мереж зв'язку подано в роботах [9,10]. В вказаних публікаціях окреслені загальні підходи до моделювання процесу забезпечення надійності телекомунікаційної мережі, подано систему критеріїв забезпечення надійності, їх взаємозв'язок та визначено окремі елементи моделі оцінки здатності телекомунікаційної мережі підтримувати якість обслуговування. Топологія побудови телекомунікаційної мережі та оцінка її надійності в даних роботах не розглядалась.

Топологію побудови телекомунікаційної мережі та її вплив на розрахунок показників надійності подано в роботі [11]. Подана в роботі операторна модель телекомунікаційної мережі та визначений зв'язок її топології побудови з показниками надійності стосується тільки одного з варіантів побудови такої мережі. А подані в роботі показники надійності не об'єднані в одну цілісну модель оцінки надійності такої топологічної схеми побудови телекомунікаційної мережі.

Постановка задач дослідження

Вирішення завдання по вибору методу забезпечення надійності оптимальних по мінімізації задіяного ресурсі топологічних схем побудови безпровідної телекомунікаційної мережі та обґрунтування методичного підходу до забезпечення надійності відносно таких схем є своєчасною науковою задачею, розв'язанню якої присвячена дана стаття.

Для визначеного наукового задання необхідно:

– провести аналіз топологічних схем побудови одноканальної телекомунікаційної мережі по критерію мінімізації задіяних ресурсів;

– вибрати та обґрунтувати метод забезпечення надійності одноканальної безпроводової телекомунікаційної мережі відносно обраної схеми побудови телекомунікаційної мережі;

–розробити методичний підхід та на його основі метод забезпечення надійності одноканальної безпроводової телекомунікаційної мережі.

Огляд топологічних схем побудови одноканальних телекомунікаційних мереж

Одним з важливих складових процесу розробки топології телекомунікаційної мережі є процес згладжування відмінностей різних гілок передачі корисних даних, який ґрунтується на різноманітних технологіях їх передачі. Вказаний процес в галузі створення телекомунікаційних систем отримав назву «процес конвергенції».

На різних рівнях ієрархії ТКМ, які є базою для забезпечення різних видів процесів передачі даних, застосовувалися різні архітектурні побудови.

В мережах безпосередньої обробки та передачі даних користувачам (адресатам) практичні реалізації процесу передачі даних здійснюються по схемам побудови топології типу «шина» та «зірка».

У магістральних мережах застосовують «дерево» та «зірка», а топологія «дерево» знайшла свої місце в телебаченні.

До уніфікації структури топології певних типів телекомунікаційних мереж, наприклад транспортних мереж зв'язку, призвело активне впровадження сучасних цифрових систем передачі пакетної інформації. Завдяки цьому, структури телекомунікаційних мереж певного призначення набули максимальної подібності.

За звичай, ТКМ стандартного призначення включає низку пунктів обробки інформації та каналів (ліній) передачі даних, об'єднаних певною схемою їх взаємного функціонування, яка характеризується зв'язністю мережі та спрямована на забезпечення обміну інформацією між різними користувачами зовні ТКМ. Така схема визначається як топологія побудови ТКМ [1, 12]. Як правило топології розробляються на основі реалізації необхідних фізичних і логічних зв'язків.

Безпосередню реалізацію схеми з'єднань елементів мережі забезпечує топологія фізичних зв'язків. Для дослідження топологічних особливостей ТКМ та оптимізації її структури використовується граф в вигляді геометричної фігури, яка поєднує функціональні елементи та канали передачі інформації між ними. Це, по суті являється моделлю топологічної структури ТКМ [1, 12, 14].

Розглянемо певні стандартні схеми топології побудови телекомунікаційної мережі, обрані по критерію мінімізації задіяних ресурсів.

© Козловський В. В., Залевський Б. М., 2023

До них віднесем топологічні схеми побудови ТКМ: «точка-точка», «шина», «дерево» [12, 14].

Необхідно відмітити що завдяки процесу конвенгерції будь яку складну та розгалужену топологічну схему побудови ТКМ можна представити сукупність вище визначених схем.

Топологія побудови телекомунікаційної мережі «точка-точка» представлена в вигляді схеми на рис. 1.

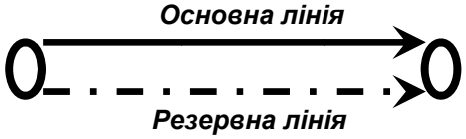

Рис. 1. Топологія побудови телекомунікаційної мережі «точка-точка»

Топологія «точка-точка» є найбільш відомим прикладом базової топології ТКМ і за змістом представляє собою сегмент мережі, який зв'язує фізично й логічно два користувача між собою. Певним чином, вказана схема є першою топологією побудови ТКМ. на сучасному етапі ця схема застосовується в мережах, де здійснюється передача великих обсягів даних на великих швидкостях. Резервна лінія призначена для забезпечення роботи при виході з ладу основної лінії зв'язку.

Топологія «шина» подана на схемі рис. 2.

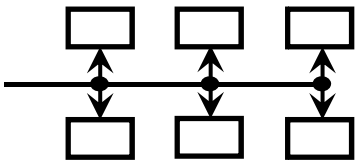

Рис. 2. Топологія побудови телекомунікаційної мережі «шина»

Топологія «шина» – це тип мережі, де кожен пристрій підключений до однієї лінії зв'язку, яка проходить від одного кінця ТКМ до іншого (рис. 2).

Інша назва вказаного типу топології це «топологія лінії». У топології «шина» дані передаються лише в одному напрямку. Якщо топологія «шина» має лише дві кінцеві точки, то її називають лінійною топологією шини. Топологія «шина» за звичай находить використання у невеликих мережах. Відповідно змісту функціонування вказаної топології, всі пристрої, підключені по одному каналу, та не потребують керування складною топологічною схемою ТКМ.

Дані в ТКМ, що побудована по такій схемі, передаються одним маршрутом, від однієї точки до іншої. Топологія «шина» економічно вигідна, оскільки її можна реалізувати за допомогою однієї лінії зв'язку. Однією з переваг мережі, побудованої по топології «шина» є можливість комутації окремого елемента ТКМ в будь-якій точці шини, не порушуючи схему побудови ТКМ такого типу. Ще однією перевагою є те, що вихід з ладу одного елементу ТКМ зазвичай не впливає на працездатність інших елементів шинної схеми. Однак вирішення задання передачі даних по одному каналу означає, що топологія «шина» має одну точку відмови. Тобто, в випадку, коли лінія передачі даних вийде з ладу в одній точці, то вся мережа перейде в непрацюючий стан. Відмова та подальше відновлення роботоздатності пошкодженої лінії зв'язку буде вимагати великих затрат часу. Ще одним недоліком цієї схеми є те, що надвисокий мережевий трафік достатньо сильно впливає на продуктивність мережі, оскільки всі дані проходять через один канал передачі інформації.

Топологія побудови телекомунікаційної мережі «дерево» подана на схемі рис. 3.

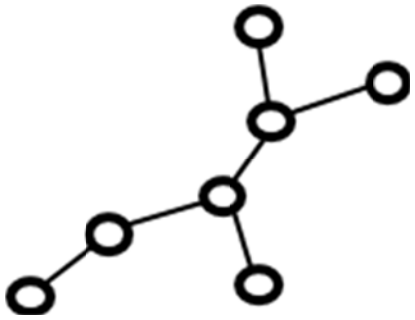

Рис. 3. Топологія побудови телекомунікаційної мережі «дерево»

Топологія побудови телекомунікаційної мережі «дерево» – це структура, яка за формою нагадує дерево з безліччю гілок. Топологія «дерево» має кореневий вузол, який підключений до іншої ієрархії вузлів. Вона має, як правило, три рівні ієрархії і характеризується комутацією на рівні фізичної топології n пунктів каналами зв'язку, що визначаються, як ребра схеми побудови, в кількості $R = n\text{-}1$. Це забезпечує високу економічність такої мережі, але з точки зору надійності, має низькі показники. Підвищення надійності в вказаній схемі вирішується шляхом включення резервних каналів передачі даних. Топологія «дерево» використовується для підтримки великою кількості розподілених елементів в широкомасштабних ТКМ. Ієрархічний принцип побудови вказаної топології дозволяє збільшувати схеми побудови інші топології. Наприклад топологію «зірка» та «шина». Це забезпечується збільшенням кількості вузлів, що включені до мережі. Недоліком вказаної топології є те, що, якщо кореневий вузол вийде з ладу, всі його підкореневі вузли стають розділеними. Тобто система стає непрацездатною.

© Козловський В. В., Залевський Б. М., 2023

Вибір та обґрунтування методу забезпечення надійності одноканальної безпроводової телекомунікаційної мережі

Проблеми забезпечення високої надійності одноканальної безпроводової ТКМ, як і будь-яких структурно складних технічних систем, а також існуючі методи їх вирішення відрізняються значним різноманіттям [1, 4]. Завдання забезпечення надійності виникають на усіх стадіях життєвого циклу ТКМ, що викликає гостру необхідність по вирішенню питання всебічного аналізу топології та вибору і обґрунтуванням методів забезпечення надійності систем. При проектуванні ТКМ в першу чергу вирішуються питання нормування показників надійність систем. Тобто визначаються і обґрунтовуються необхідні кількісні значення раніш обґрунтованих показників надійності для будь-якого елемента і систем в цілому, що дозволяє закласти основні підходи до вирішення питання забезпечення загальної надійності мереж.

При формуванні ієрархічної класифікації обраних показників надійності однією з початкових класифікаційних ознак часто обирається відповідність показника обумовленим етапам життєвого циклу телекомунікаційної мережі. Це пояснюється тим, що на будь-якому етапі життєвого циклу надійність мереж визначається своїми обставинами та передумовами, які поєднані із завданнями проектування та забезпечення надійності [13]. Відповідно до цього підходу прийнято кваліфікувати три категорії факторів, що впливають на надійність мереж, а саме проектні, виробничі та експлуатаційні фактори [13].

Усі методи підвищення надійності поділяються на чотири основні групи [1, 2, 4, 12]:

1) зменшення інтенсивності відмов системи;

2) резервування;

3) скорочення часу безперервної роботи;

4) скорочення середнього часу відновлення працездатного стану.

Зменшення інтенсивності відмов системи здійснюється такими способами:

– шляхом спрощення системи;

– вибір найбільш надійних елементів;

– мінімізацією навантаження в процесі протікання електричних, механічних, теплових та інших режимів роботи елементів;

– застосуванням стандартних та уніфікованих елементів та вузлів;

– удосконаленням технології виробництва;

– автоматизацією виробництва;

– проведенням профілактичних заходів при експлуатації об’єктів.

Зазначені методи є ефективними, оскільки вони дозволяють з малонадійних елементів будувати надійні системи.

Методи резервування можуть бути використані на різних стадіях: при проектуванні, під час виробництва, при експлуатації. Резервування це один з найбільш ефективних методів підвищення надійності технічних систем, хоча і економічно витратний [1, 12].

Необхідно відмітити, що метод резервування розглядається як основний відповідно рекомендацій та інструкцій Міжнародного союзу електрозв’язку [3, 4].

Для з’ясування доцільності використання методу резервування, його ефективності, переваг та недоліків розглянемо докладніше основні з його властивостей, переваг та недоліків.

Розрізняють такі види резервування [1, 12]

Структурне (елементне) резервування – метод підвищення надійності об’єкта, який передбачає використання надлишкового числа елементів, що входять до фізичної структури об’єкта. Даний спосіб забезпечується підключенням резервної апаратури до основної так, щоб при відмові основної апаратури резервна продовжувала функціонувати.

Функціональне резервування – його зміст має на меті підвищення надійності об’єкта шляхом використання здатності елементів виконувати додаткові функції замість поряд з основними функціями.

Часове резервування – спосіб підвищення надійності об’єкта, полягає у створенні резерву робочого часу до виконання заданих функцій. При цьому резервний час може бути використаний як для повторення операцій, так і для усунення несправностей об’єкта.

Інформаційне резервування – передбачає використання надмірної інформації понад необхідну виконання завдань.

Навантажувальне резервування – спосіб підвищення надійності об’єкта, заснований на використанні можливості елементів його складових приймати додаткові навантаження понад номінальних.

Під час проведення розрахунків по забезпеченню надійності технічних систем зазвичай розглядають структурне резервування [1, 12].

Методи резервування розрізняють за способом підключення резервних елементів та пристроїв (рис. 4).

Розрізняють [1, 5]:

– роздільне або по елементне резервування з постійним включенням резервних елементів (рис. 4, *а*);

– роздільне резервування із заміщенням елемента, що відмовив, одним резервним елементом (рис. 4, *б*). При цьому відбувається резервування окремих елементів об’єкта чи їх групи;

– загальне резервування із постійним підключенням, чи із заміщенням (рис. 4, *в*);

– мажоритарне резервування або «голосування» *N* з *M* елементів (рис. 4, *г*).

© Козловський В. В., Залевський Б. М., 2023

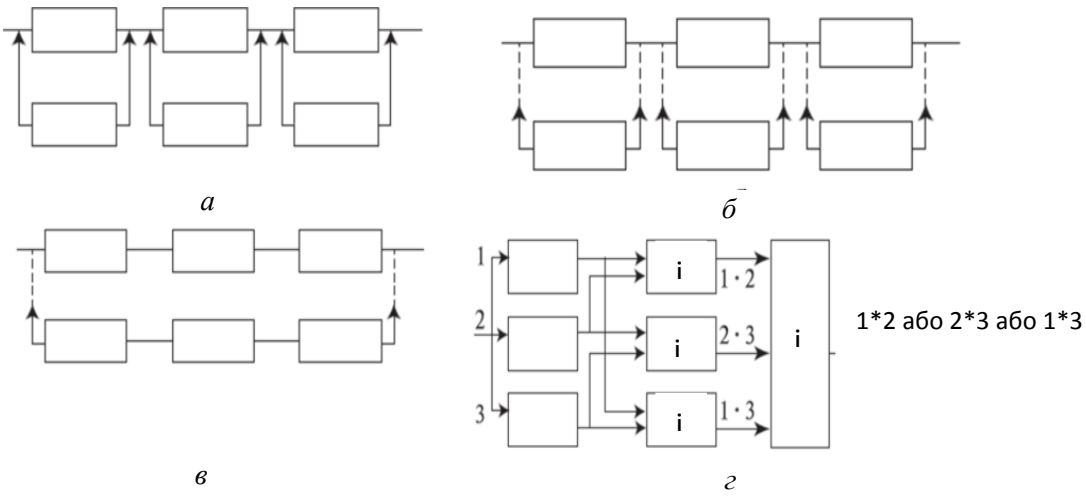

Рис. 4. Схеми способів резервування:
а – роздільна резервування з постійним включенням резервних елементів;
б – роздільна резервування із заміщенням елемента, що відмовив; *в* – загальне резервування;
г – мажоритарне резервування

Обґрунтування методу забезпечення надійності одноканальної безпроводової телекомунікаційної мережі

При формуванні загальних принципів та на їх основі методичного підходу до оцінки надійності телекомунікаційної мережі необхідно врахувати те, що наявність основних факторів, збоїв, відмов та різних методів резервування, а також можливостей по ремонту, тривалості підключення, структурного резерву, часу існування збоїв та часу усунення їх наслідків вимагає спільного їх врахування на надійність, тобто обґрунтовує проведення комплексної оцінки [6, 7, 8].

Наявність в складі топологічної схеми ТКМ складних елементів викликає необхідність застосування певних методів, спрямованих на спрощення таких схем. Одним з способів такого спрощення є використання методу еквівалентного заміщення. Тобто наявність в схемі достатньо складного по надійності елемента або окремої схеми таких елементів зведем по процедурі приведення до одного еквівалентно елементу. При цьому приймем, що показники надійності еквівалентного елементу відповідають значенням, що притаманні складному елементу (ділянці елементів), відповідно якого проведена процедура приведення [7].

Проблему складності системи вирішимо на основі процедури декомпозиції. Її зміст та застосування обґрунтовується можливостями складних топологічних схем ієрархічної структури до розбиття на кінцеве число більш простих підсистем. При цьому доцільним по мінімізації задіяних ресурсів представляється застосовування «вертикальна» та «горизонтальна» декомпозицій. Вони зводиться до формування простих топологічних схем типу «точка-точка», «шина», «дерево».

Висновки

В статті проаналізовано та визначені найбільш оптимальні по мінімізації задіяного ресурсі топологічних схем побудови одноканальної безпроводової телекомунікаційної мережі, обґрунтовано метод забезпечення надійності відносно поданих схем та розроблено методичний підхід до оцінки надійності телекомунікаційних мереж, приведених по побудові до оптимальних топологічних схем.

1. Встановлено, що топологічні схеми «точка-точка», «шина», «дерево» є найбільш оптимальними по побудові за критерієм мінімізації затрат на їх побудову.

2. Обґрунтовано, що найбільш прийнятим методом забезпечення надійності топологічних схем побудови одноканальної безпроводової телекомунікаційних мереж є метод резервування.

3. Розроблено метод забезпечення надійності одноканальної безпроводової телекомунікаційною мережі. Вказаний метод передбачає комплексну оцінки всіх факторів, процедуру еквівалентного приведення складних елементів та схем топологічної побудови одноканальної безпроводової телекомунікаційної мережі до одного еквівалентного елементу з відповідним показником надійності та процедуру вертикальної та горизонтальної декомпозиції топологічної схеми на елементарні підсистеми.

Це загалом забезпечує мінімізацію задіяних ресурсів при забезпечені надійності одноканальної безпроводової телекомунікаційної мережі.

ЛІТЕРАТУРА

[1] Довгий С. О., Воробієнко П. П., Гуляєв К. Д. Сучасні телекомунікації: Мережі, технології, безпека, економіка, регулювання. Видання 2-ге, доп. Київ:«Азимут-Україна», 2013. 608 с.

© Козловський В. В., Залевський Б. М., 2023

[2] Рекомендації МСЕ-Т. Серія Х: Мережі передавання даних, взаємозв'язок відкритих систем та безпека, 04/2008.
[3] Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94 – [Чинний від1996–01–01].
[4] Disaster management for improving network resilience and recovery with movable and deployable information and communication technology (ICT) resource units. ITU-T Recommendation L.392. 2016.
[5] Беркман Л. Н., Федюнін С. А., Сєрих С. О. Операторна модель телекомунікаційної мережі, що комутується та її вплив на розрахунок показників надійності. *Системи управління, навігації та зв'язк*у, 2015. № 4. С. 55–59.
[6] Князєва, Н., Нєнов, О. Оцінка структурної надійності телекомунікаційних мереж невизначеної топології на основі імітаційного моделювання. *Вісник Університету «Україна» Серія Інформатика, обчислювальна техніка та кібернетика*. 2021. *2*(23). URL: https://visn-it.uu.edu.ua/index.php/visn-icct/article/view/54.
[7] Mogylevych D., Kononova I., Klymovych O., Mohylevych V. Методика комплексної оцінки надійності телекомунікаційного обладнання мереж зв'язку. *Військово-технічний збірник* 2020. № 23. С. 50–57. https://doi.org/10.33577/2312-4458.23.2020.50-57
[8] Борисова Л. В., Закора О. В., Фещенко А. Б. Розробка імовірнісної моделі елементарного фрагмента відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі. *Problems of Emergency Situations*. 2020. № 1(31). P. 34–43. doi: 10.5281/zenodo.3901945
[9] Ahmad W., Hasan O., Pervez U. and Qadir J. Reliability modeling and analysis of communication networks. *Journal of Network and Computer Applications*. 2017. Vol. 78, pp. 191–215. DOI: https: //doi.org.10.1016/j.jnca.2016.11.008
[10] Dieves V. Dependability in Future Battle Network System — Transport Layer Ability to Maintain Quality of Service. *Wireless Sensor Network*. 2016. Vol. 08, Iss. 10, pp. 211–228. DOI: https://doi.org10.4236/wsn.2016.810017.
[11] Отрох С. І., Ярош В. О., Федюнін С. А., Власенко В. О. Методи розрахунку надійності телекомунікаційних мереж майбутнього. *Наукові записки УНДІЗ*. 2016. № 4(44). С. 13–20.
[12] Воробієнко П. П., Нікітюк Л. А., Резніченко П. І. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник [для вищих навчальних закладів]. Київ: САММІТ-Книга, 2010. 708 с.
[13] Німченко Т, Чірва Д., Залевський Б. Визначення факторів надійності інфокомунікаційні мережі, як об'єктів впливу кібератаки. *Кібербезпека та програмна інженерія*: тези доп. Міжнародної науково-технічної конференції «ABIA-2023» (Україна, Київ, 18–20 квітня 2023 р.). 2023. С. 13.
[14] Types of Network Topology [Електронний ресурс] URL: https://www.educba.com/types-of-network-topology (access date 25/04/2023).

Козловський В. В., Залевський Б. М.

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОДНОКАНАЛЬНИХ БЕЗПРОВОДОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ПРИ УМОВІ МІНІМІЗАЦІЇ ОБСЯГУ ЗАДІЯНИХ РЕСУРСІВ

Сучасні телекомунікаційні мережі відіграють все більшу роль в розвитку всіх каналів взаємодії в суспільстві та розвитку економічних відносин та постійно висуваються на все більш різноманітні їх використання. Абоненти будь-яких сучасних телекомунікаційні мережі очікують від них, перш за все, стабільного і надійного процесу передачі корисних даних в умовах всього спектру різноманітних перешкод, збурень та відмов функціонування. Одним з елементів забезпечення стабільного і надійного процесу передачі корисних даних є завдання підтримання надійності одноканальних безпроводових телекомунікаційних мереж..

В статті проаналізовано та визначені найбільш оптимальні по мінімізації задіяного ресурсі топологічних схем побудови телекомунікаційної мережі, обґрунтовано метод забезпечення надійності відносно поданих схем та розроблено метод забезпечення надійності одноканальної безпроводової телекомунікаційної мережі, приведеної по побудові до оптимальних топологічних схеми.

Встановлено, що топологічні схеми «точка-точка», «шина», «дерево» є найбільш оптимальними по побудові за критерієм мінімізації затрат на їх побудову. Обґрунтовано, що найбільш прийнятим методом забезпечення надійності топологічних схем побудови одноканальної безпроводової телекомунікаційних мереж є метод резервування. Розроблено методичний підхід забезпечення надійності телекомунікаційною мережею, який передбачає комплексну оцінку всіх факторів, процедуру еквівалентного приведення складних елементів та схем топологічної побудови телекомунікаційної мережі до одного еквівалентного елементу з відповідним показником надійності та процедуру вертикальної та горизонтальної декомпозиції топологічної схеми на елементарні підсистеми.

Результати, подані в статті можуть бути використані при розробці нових та удосконаленні існуючих одноканальних безпроводових телекомунікаційних мереж в напрямку забезпечення надійного та безвідмовного їх функціонування.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, надійність, топологічна схема, резервування, оцінка надійності

© Козловський В. В., Залевський Б. М., 2023

Kozlovskyi V., Zalevskyi B.

THE METHOD OF ENSURING THE RELIABILITY OF SINGLE-CHANNEL WIRELESS TELECOMMUNICATION NETWORKS UNDER THE CONDITION OF MINIMIZING THE AMOUNT OF RESOURCES INVOLVED

Modern telecommunication networks play an increasingly important role in the development of all channels of interaction in society and the development of economic relations and are constantly being put forward for more and more diverse uses. Subscribers of any modern telecommunication networks expect from them, first of all, a stable and reliable process of transmitting useful data in the conditions of the entire spectrum of various interferences, disturbances and failures of functioning. One of the elements of ensuring a stable and reliable process of transmitting useful data is the task of maintaining the reliability of single-channel wireless telecommunication networks.

The article analyzes and determines the most optimal topological schemes for the construction of a telecommunications network in terms of resource minimization, substantiates the method of ensuring reliability in relation to the presented schemes, and develops a method of ensuring the reliability of a single-channel wireless telecommunications network reduced to optimal topological schemes by construction.

It has been established that topological schemes "point-to-point", "bus", "tree" is the most optimal for construction according to the criterion of minimizing the costs of their construction. It is substantiated that the most accepted method of ensuring the reliability of topological schemes for the construction of single-channel wireless telecommunication networks is the redundancy method. A methodical approach to ensuring the reliability of the telecommunications network has been developed, which involves a comprehensive assessment of all factors, a procedure for the equivalent reduction of complex elements and schemes of the topological construction of the telecommunications network to one equivalent element with a corresponding reliability indicator, and a procedure for vertical and horizontal decomposition of the topological scheme into elementary subsystems.

The results presented in the article can be used in the development of new and improvement of existing single-channel wireless telecommunication networks in the direction of ensuring their reliable and error-free operation.

Key words: telecommunication network, reliability, topological scheme, redundancy, reliability assessment

Стаття надійшла до редакції 15.05.2023 р.
Прийнято до друку 01.06.2023 р.

© Козловський В. В., Залевський Б. М., 2023