

УДК 621.391-047.36

DOI: 10.31673/2412-9070.2024.041923

К. Г. ЛАВРІНЕЦЬ, канд. техн. наук, доцент,
ORCID: 0009-0000-4846-3977;П. М. ПОНОЧОВНИЙ, аспірант,
ORCID: 0009-0008-6480-6990;А. Г. ПРОКОПЕНКО, аспірант,
ORCID: 0009-0009-7227-3458,

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ

ОЦІНКА ЯКОСТІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті розглядається якість системи моніторингу технічного стану техніки зв'язку, яка характеризується сукупністю істотних властивостей як структурних, так і властивостей реалізованого нею процесу збору вимірювальної інформації (оперативністю, повнотою, ресурсоспоживанням), що зумовлюють його придатність до цільового застосування для моніторингу телекомунікаційних систем і мереж. Оцінка якості системи моніторингу технічного стану техніки зв'язку дозволить розглянути доцільність її застосування у відповідному вигляді як підсистему автоматизованої системи управління зв'язком оперативного об'єднання.

Ключові слова: автоматизована система управління зв'язком; якість системи моніторингу; оперативність; повнота; процес збирання вимірювальної інформації; ресурсоспоживання; мережі спеціального призначення.

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку інформаційно-телекомунікаційних систем і мереж (ІТКС) загального користування в процесі їх функціонування виникає низка невирішених завдань, серед яких важливе місце займає своєчасне (в режимі реального часу або близького до нього) отримання достовірної інформації про стан територіально-розподіленої ІТКС, необхідної для організації процесів управління мережею зв'язку як з боку органів управління зв'язком, так і автоматизованою системою управління (АСУ) зв'язком [1]. Значною мірою на вирішення цього завдання впливає те, як організована система моніторингу (СМ) технічного стану техніки зв'язку (ТЗ), яка її структура і як проведено оцінку її якості. Тому питання формування СМ технічного стану ТЗ та АСУ є актуальними. Для досягнення цілей формування якісної структури СМ необхідний відповідний підхід до оцінки властивостей підсистеми, що реалізує процес збирання вимірювальної інформації (ВІ).

Мета роботи полягає у знаходженні математичних виразів, що визначають оцінку суттєвих властивостей процесу збору інформації, яка реалізується системою моніторингу технічного стану техніки зв'язку, що дозволить оцінити цю систему загалом. У роботі для досягнення цілей з необхідною точністю оцінки якості існуючої та перспективної системи моніторингу розглядаються оперативність, повнота та ресурсоспоживання процесу збору інформації.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Процес збору вимірювальної інформації (ВІ) у телекомунікаційних мережах спеціального призначення, як і будь-який цілеспрямований процес, характеризується відповідною якістю. Під процесом збору ВІ розуміємо сукупність операцій, процедур і робіт, мета якої є отримання інформації про стан контрольованого об'єкту ТЗ та АСУ [2].

Система, що реалізує процес збору вимірювальної інформації у надсистемі моніторингу технічного стану ТЗ та АСУ, повинна представляти певну структуру, що включає підсистеми:

- інформаційної обробки та аналізу, що реалізує функції збору, обробки, передавання, аналізу інформації про стан ТЗ та АСУ;

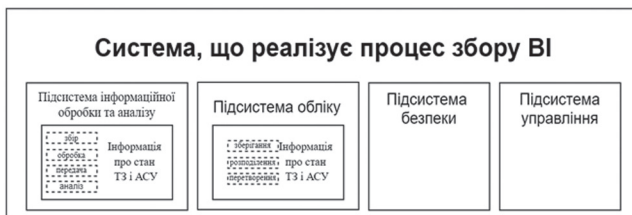


Рис. 1. Структура системи, що реалізує процес збору ВІ

- обліку, що реалізує функції зберігання, розподілу, перетворення інформації, що надходить, про стан ТЗ і АСУ;

- безпеки;

- управління [3] (рис. 1).

Моніторинг ТЗ та АСУ — це комплекс заходів, оснований на безперервному або періодичному спостереженні, що включає в себе збір, обробку та

зберігання інформації про параметри телекомунікаційного обладнання та мережеві характеристики, їх кількісне оцінювання реального та прогнозованого стану під впливом конструктивних та деструктивних факторів [3].

Якість процесу збору ВІ може розглядатися як сукупність суттєвих властивостей: оперативності, повноти, ресурсоспоживання, що зумовлюють його придатність до цільового застосування для моніторингу ТЗ та АСУ у телекомунікаційних мережах спеціального призначення.

Ухвалення рішення в системах управління військового призначення є, мабуть, центральним і визначальним процесом у загальній структурі управління, оскільки воно спрямоване власне на вироблення керуючих рішень.

З теорії прийняття рішень відомо, що управлінню для якісного прийняття рішення на кожному його етапі необхідна актуальна та достовірна інформація [4]. На організаційному рівні управління наявність такої інформації може бути забезпечена СМ, що володіє відповідною якістю.

Таким чином, оцінювати СМ технічного стану ТЗ та АСУ у телекомунікаційних мережах спеціального призначення слід за показниками оперативності, повноти та ресурсоспоживання процесу збору ВІ.

Оперативність процесу збирання вимірювальної інформації

Перш, ніж оцінювати оперативність процесу збору інформації, необхідно встановити об'єкт контролю, у ролі якого розглядається підсистема збору ВІ, її структурна схема представлена на рис. 2.

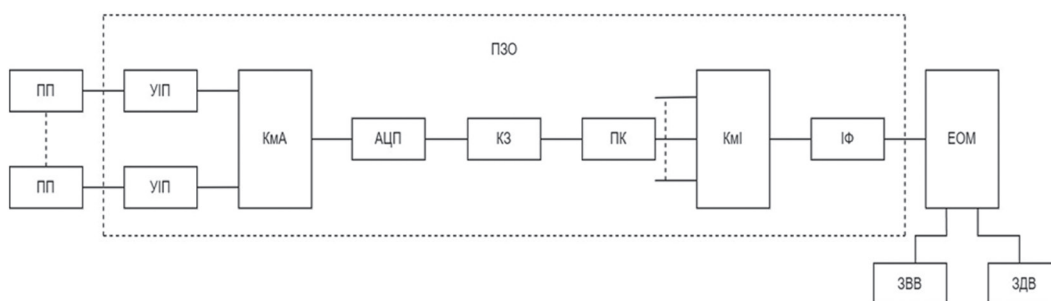


Рис. 2. Структурна схема підсистеми збору ВІ:

- ПП — первинний перетворювач (датчик); УП — уніфікуючий перетворювач; КМА — комутатор аналогових сигналів;
АЦП — аналого-цифровий перетворювач; КЗ — канал зв'язку; ПК — перетворювач кодів;
КмІ — комутатор імпульсних сигналів; ІФ — інтерфейс; ЗВВ — засіб візуального відображення даних;
ЗДВ — засіб документального відображення даних; ПЗО — пристрій зв'язку з об'єктом автоматизації

АСУ технологічними процесами мають ієрархічну структуру:

рівень I — об'єкт управління (ОУ). На цьому рівні під ОУ знаходяться всі об'єкти, що передбачені в технологічному процесі (або взаємозалежних процесах);

рівень II — датчики. Цей рівень містить компоненти, що надають інформацію про стан технологічного процесу (первинні перетворювачі) або компоненти, що впливають на об'єкт управління;

рівень III — пристрої зв'язку з об'єктами автоматизації. Рівень включає компоненти, що забезпечують з'єднання обчислювальних пристроїв (керуючих контролерів) з датчиками;

рівень IV — керуючі контролери. Рівень включає обчислювальні пристрої, що забезпечують безпосереднє управління ОУ або його складовими;

рівень V — диспетчеризація. Рівень містить компоненти, що забезпечують візуалізацію та архівування параметрів технологічного процесу, вплив персоналу на технологічний процес.

Важливим компонентом АСУ збору інформації та АСУ технологічними процесами є програмне забезпечення. Програмне забезпечення АСУ відноситься до рівнів керуючих контролерів, диспетчеризації, а також мережевої взаємодії.

Далі для розрахунку оперативності процесу збору ВІ слід виділити всі проміжки часу, які потрібні також для аналізу оперативності формування вимірювальної інформації. Такими проміжками можуть бути:

- час, необхідний для згорання процедури вимірювань величин, потребує параметрів, що визначають технічний стан контрольованого ТЗ та АСУ (T_o);
- час, витрачений на реєстрацію інформації T_p ;
- час, що пішов на передачу інформації в обробку ($T_{по}$);
- час обробки інформації ($T_{об}$);
- час на доведення інформації посадовим особам відповідної ланки управління ($T_{дпо}$);
- час, що минув з початку процедури вимірювання до отримання посадовими особами відповідної ланки управління необхідною інформацією про стан ТЗ та АСУ ($T_{ф}$) [5].

При цьому справедливе наступне рівняння:

$$T_{\phi} = T_o + T_p + T_{\text{по}} + T_{\text{об}} + T_{\text{дпо}}.$$

Отже, можна розрахувати загальну оперативність збору виміральної інформації ($I_{\text{оз}}$), оперативність її обробки ($I_{\text{об}}$), реєстрації ($I_{\text{р}}$), прийому та передавання ($I_{\text{п}}$):

$$I_{\text{оз}} = T_o / T_{\phi} \cdot 100\%; \quad I_{\text{об}} = T_{\text{об}} / T_{\phi} \cdot 100\%; \\ I_{\text{р}} = T_p / T_{\phi} \cdot 100\%; \quad I_{\text{п}} = (T_{\text{по}} + T_{\text{дпо}}) / T_{\phi} \cdot 100\%.$$

Вивчення оперативності збору ВІ на різних ділянках підсистеми збору ВІ, її факторний аналіз дозволять визначити ефективність процесу збирання інформації про стан ТЗ та АСУ у телекомунікаційних мережах спеціального призначення. У свою чергу, наявність інформації про оперативність підсистеми, що реалізує процес збору ВІ дозволяє зробити висновок про якість СМ.

Повнота процесу збирання виміральної інформації

Під повнотою процесу збирання ВІ розуміється властивість підсистеми збирання ВІ забезпечувати виконання всього переліку операцій, процедур та робіт з реалізації процесів збирання, обробки, передавання, аналізу, зберігання, розподілу та перетворення інформації про стан ТЗ та АСУ у телекомунікаційних мережах спеціального призначення. Повнота (цілісність) процесу повинні включати весь набір елементів, що забезпечують необхідну завершеність дій для досягнення поставленої мети для ефективного функціонування СМ [6].

Для визначення повноти процесу збирання ВІ необхідно виділити операції (процедури), що реалізують цей процес і визначити повноту виконання кожної з них. Такими операціями (процедурами) можуть бути:

- вимірювання величин необхідних параметрів, що визначають технічний стан контрольованої ТЗ та АСУ (X_1);
- реєстрація інформації (X_2);
- передавання інформації в обробку (X_3);
- обробка інформації (X_4);
- доведення інформації посадовим особам відповідної ланки управління (X_5).

Для визначення повноти кожної з цих операцій (процедур) мають бути дотримані умови виконання таких вимог:

$$X_{1\text{нб}} = X_{1\text{тво}} + X_{1\text{свв}},$$

де $X_{1\text{нб}}$ — необхідна повнота вимірювання величин необхідних параметрів, що визначають технічний стан контрольованої ТЗ та АСУ; $X_{1\text{тво}}$ — точність вимірального обладнання, яке використовується; $X_{1\text{свв}}$ — своєчасність виміру;

$$X_{2\text{нб}} = X_{2\text{тз}} + X_{2\text{зк}},$$

де $X_{2\text{нб}}$ — необхідна повнота реєстрації інформації; $X_{2\text{тз}}$ — повнота та точність запису всіх вимірних значень; $X_{2\text{зк}}$ — належне зберігання та резервне копіювання записаної інформації;

$$X_{3\text{нб}} = X_{3\text{бнд}} + X_{3\text{сп}},$$

де $X_{3\text{нб}}$ — необхідна повнота передавання інформації в обробку; $X_{3\text{бнд}}$ — безпечне та надійне передавання даних; $X_{3\text{сп}}$ — своєчасне передавання інформації;

$$X_{4\text{нб}} = X_{4\text{за}} + X_{4\text{но}} + X_{4\text{со}} + X_{4\text{ді}},$$

де $X_{4\text{нб}}$ — необхідна повнота обробки інформації; $X_{4\text{за}}$ — правильне застосування алгоритмів обробки; $X_{4\text{но}}$ — належна обробка відсутніх або неповних даних; $X_{4\text{со}}$ — своєчасна обробка інформації; $X_{4\text{ді}}$ — доведення інформації до посадових осіб відповідного рівня управління;

$$X_{5\text{нб}} = X_{5\text{тпп}} + X_{5\text{сп}} + X_{5\text{рд}},$$

де $X_{5\text{нб}}$ — необхідна повнота доведення інформації на посаді особам відповідної ланки управління; $X_{5\text{тпп}}$ — точне та повне передавання обробленої інформації; $X_{5\text{сп}}$ — своєчасність повідомлення; $X_{5\text{рд}}$ — відповідний рівень деталізації та формат для цільової аудиторії.

Визначимо X_1, X_2, X_3, X_4 та X_5 як двійкові змінні, де 1 означає, що процедура повністю завершена, а 0 означає, що це не так.

Загальну повноту процесу (С) можна визначити як середньозважене значення повноти кожної процедури наступним чином:

$$C = \frac{w_1 X_1 + w_2 X_2 + w_3 X_3 + w_4 X_4 + w_5 X_5}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5}, \quad (1)$$

де w_1, w_2, w_3, w_4 та w_5 — ваги, присвоєні кожній процедурі, що відображають її відносну важливість при визначенні загальної повноти. Ці ваги мають у сумі дорівнювати 1.

Наприклад, якщо $w_1 = 0,3$, $w_2 = 0,1$, $w_3 = 0,2$, $w_4 = 0,3$ та $w_5 = 0,1$, то загальна повнота процесу буде розрахована наступним чином:

$$C = \frac{0,3X_1 + 0,1X_2 + 0,2X_3 + 0,3X_4 + 0,1X_5}{0,3 + 0,1 + 0,2 + 0,3 + 0,1}$$

На основі представленої вище математичної моделі (1), запропоновано метод оцінки повноти процесу збирання інформації про стан ТЗ та АСУ. Модель забезпечує простий та інтуїтивно зрозумілий спосіб розрахунку загальної повноти l процесу шляхом урахування завершення кожної задіяної операції (процедури) та зважування їх відповідно до їх відносної важливості. Це дозволяє провести всебічну оцінку ефективності підсистеми збирання ВІ та допомагає визначити галузі для роботи над її вдосконаленням.

Моделю може дати цінну інформацію про продуктивність аналізованої підсистеми і може бути використана для розробки стратегій підвищення повноти процесу збирання інформації.

Ресурсоспоживання

Процес збирання інформації про стан ТЗ та АСУ в телекомунікаційних мережах спеціального призначення, як і будь-який інший процес, характеризується кількістю витрачених ресурсів. В якості визначених параметрів можна виділити тимчасовий ресурс ($T_{\text{упр}}$) і ресурс технічної основи моніторингу ($N_{\text{тех}}^p$). Саме ці два види ресурсів визначають потенційні можливості органу управління володіти актуальною та достовірною інформацією для вирішення завдань технічного забезпечення зв'язку АСУ.

Крім того, в розрахункову формулу може бути введений коефіцієнт автоматизації α , що враховує приріст можливостей органу управління із впровадженням перспективних інформаційних технологій.

Тоді вираз для визначення ресурса процесу збирання вимірювальної інформації має вигляд:

$$R_{\text{зі}} = \alpha N_{\text{тех}}^p T_{\text{упр}}$$

Оцінку ресурсоспоживання можна проводити на основі використання коефіцієнта ресурсоспоживання $k_{\text{рс}}$, що визначається як відношення реально витраченого ресурсу до наявного ресурсу процесу збирання вимірювальної інформації [7].

Цей аналіз наголошує на важливості врахування споживання ресурсів у процесі збирання ВІ, оскільки це напряму впливає на потенційні можливості відповідного органу управління, що отримує актуальну та достовірну інформацію. Ця інформація може мати ключове значення під час вирішення проблем, пов'язаних з виконанням завдань технічного забезпечення зв'язку та АСУ.

ВИСНОВКИ

При проектуванні СМ технічного стану ТЗ та АСУ за заданими технічними та експлуатаційними характеристиками виникає завдання вибору раціональної структури та набору технічних засобів для її побудови. Вивчення процесу збирання вимірювальної інформації, його суттєвих властивостей та факторний аналіз дозволять визначити ефективність функціонування такої системи для досягнення цілей, пов'язаних з вирішенням завдань технічного забезпечення зв'язку та АСУ. У свою чергу, наявність інформації про властивості СМ дозволяє сформулювати висновки про якість системи керування зв'язком.

У статті представлена модель оцінки якості СМ технічного стану ТЗ та АСУ телекомунікаційних мереж спеціального призначення. Якість системи оцінюється на основі трьох суттєвих властивостей, реалізованого нею процесу збирання ВІ: оперативності, повноти та ресурсоспоживання. Запропоновано метод оцінки повноти процесу збору ВІ, який враховує завершення кожної операції та зважує їх відповідно до їх відносної важливості. З іншого боку, споживання ресурсів процесом оцінюється з урахуванням коефіцієнта споживання ресурсів. Результати цього дослідження можуть бути використані при проектуванні та побудові СМ, а також при плануванні використання СМ для мереж спеціального призначення. Необхідні подальші дослідження для підтвердження моделі споживання ресурсів та вивчення її застосування.

Практична значимість роботи полягає у використанні її результатів у вирішенні завдань проектування та побудови системи моніторингу на підприємствах промисловості, а також у роботі посадових осіб органів управління зв'язком при плануванні застосування системи моніторингу телекомунікаційних мереж спеціального призначення у структурі підсистем підтримки процесів оперативно-технічного та технологічного управління автоматизованої системи керування зв'язком оперативного об'єднання.

Список використаної літератури

1. Воробієнко П. П., Нікітюк Л. А., Резніченко П. І. Телекомунікаційні та інформаційні мережі, Київ. 2010. 23 с.
2. Борисова Л. В., Загора О. В., Феценко А. Б. Автоматизовані системи управління мережами зв'язку, Харків. 2018. 158 с.

3. Wu S. X., Banzhaf W. *The use of computational intelligence in intrusion detection systems: A review* // *Applied Soft Computing*, 2010. Vol. 10(1). P. 1–35.

4. Jyothsna V., Prasad V. V. R. *A Review of anomaly based intrusion detection system* // *International Journal of Computer Applications*, 2011. Vol. 28. No. 7. P. 26–35.

5. Кучернюк П. В. *Основи теорії телекомунікацій і радіотехніки*, Київ. 2020. 102 с.

6. *Data Integrity in Telecommunication Networks: Challenges and Solutions* / D. E. Jones [et al.]. 2021. URL:

<https://www.precisely.com/blog/data-integrity/telecom-data-unlock-your-data-integrity-potential>

7. *Data Collection and Analysis for Telecommunication Networks*. Techopedia. 2022. URL:

<https://softteco.com/blog/big-data-analytics-in-telecom-industry>

K. Lavrynets, P. Ponochevnyi, A. Prokopenko

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE TECHNICAL STATE MONITORING SYSTEM SPECIAL PURPOSE TELECOMMUNICATION NETWORKS

The article examines the quality of the system for monitoring the technical condition of communication technology, which is characterized by a set of essential properties, both structural and properties of the measurement information collection process implemented by it (operationality, completeness, resource consumption), which determine its suitability for targeted application for telecommunication monitoring. The evaluation of the quality of the system for monitoring the technical condition of communication equipment will allow us to consider the expediency of its application in the appropriate form as a subsystem of the automated communication management system of the operational association.

The study of the process of collecting measurement information, its essential properties and factor analysis will allow to determine the efficiency of the functioning of such a system to achieve the goals related to solving the tasks of technical support of communication and ACS. In turn, the availability of information about the properties of the SM allows to formulate conclusions about the quality of the communication management system.

Also, the article presents a model for assessing the quality of the CM of the technical condition of TZ and ACS of special purpose telecommunication networks. The quality of the system is evaluated on the basis of three essential properties of the BI collection process implemented by it: responsiveness, completeness, and resource consumption. A method for assessing the completeness of the BI collection process is proposed, which takes into account the completion of each operation and weighs them according to their relative importance. On the other hand, resource consumption by the process is estimated taking into account the resource consumption ratio.

Keywords: automated communication management system; monitoring system quality; efficiency; completeness; measurement information collection process; resource consumption; special purpose networks.

