

КАЛЮТА Ю. В., аспірант,
 АНАНЬЄВА О. М., д.т.н., професор
 (Український державний університет залізничного транспорту)

Аналітичний огляд систем залізничної автоматики

У статті розглянуто системи залізничної автоматики за їхньою елементною базою. Запропоновано ієрархічну структуру, засновану на методі аналізу ієрархій, для вибору типу системи для впровадження. Проведено узагальнений аналіз вибору доцільності впровадження систем. На основі аналізу визначено необхідні кроки розвитку систем залізничної автоматики, серед яких першочерговим напрямом визначено діагностування рейкових кіл. Подано деякі незначні пропозиції для вдосконалення систем.

Ключові слова: мікропроцесорні системи, мікропроцесорна диспетчерська централізація (МДЦ), підсистема технічного діагностування (ПСТД), рейкове коло, метод аналізу ієрархій.

Вступ

Розвиток залізничної автоматики (ЗА) призвів до створення різних типів систем за елементною базою. До таких типів належать релейні, електронно-релейні (наприклад системи диспетчерської централізації «Нева»), релейно-процесорні та мікропроцесорні системи. Через це різноманіття господарству сигналізації та зв'язку важко вибрати тип для впровадження, оскільки кожен із них має свої переваги та недоліки.

Тому актуальним завданням є проведення порівняльного аналізу різних типів за елементною базою вітчизняних систем із метою оцінювання доцільності їх впровадження та виявлення можливостей для вдосконалення.

Аналіз досліджень і публікацій

Аналізуючи джерела інформації, у яких розглянуто мікропроцесорні системи залізничної автоматики, зокрема [1-15], можна виділити такі їхні переваги:

- 1) розширення функційних можливостей для господарства перевезень;
- 2) архівація стану пристроїв, поїзної ситуації та дій персоналу в «чорну скриньку»;
- 3) відносна простота змін при реконструкції колійного розвитку;
- 4) підвищення безвідмовності;
- 5) наявність технічного діагностування;
- 6) простота ув'язки з іншими пристроями та об'єктами вищого рівня;
- 7) значне зменшення кількості реле;
- 8) зменшення площі поста ЕЦ;
- 9) зменшення часу на обслуговування постових пристроїв;
- 10) зменшення витрат часу на оперативне виявлення і усунення пошкоджень;

11) зменшення обсягу монтажних робіт. У літературі зазвичай розглядають принципи побудови мікропроцесорних систем, проте не згадують про недоліки, які виникають при їх застосуванні. Тому слід описати недоліки мікропроцесорних систем:

- 1) необхідність доведення функційної безпечності та надійності;
- 2) значно технологічно складніша побудова пристроїв (використання закритих програмно-апаратних комплексів (ПАК));
- 3) менша заводостійкість пристроїв;
- 4) більша вартість впровадження мікропроцесорних пристроїв у розрахунку на один об'єкт керування та контролю;
- 5) можливість зависання та збоїв автоматизованих робочих місць (АРМ);
- 6) необхідність більш висококваліфікованого персоналу;
- 7) прив'язаність до виробника системи, а саме програмної та елементної баз;
- 8) необхідність витрат коштів на сервісне обслуговування сторонніми організаціями;
- 9) швидке моральне старіння електронних компонентів (через певний час деякі компоненти можуть перестати бути доступними на ринку);
- 10) неможливість створення безпомилкового програмного забезпечення;
- 11) високі вимоги до якості електроживлення;
- 12) підвищені вимоги до кліматичних чинників.

Порівняння систем

Будь-яка система ЗА виконує всі необхідні функції згідно з ПТЕ та іншими нормативними документами [17-20], тому вибір елементної бази для системи залізничної автоматики не є очевидним.

У зв'язку з різноманіттям наявних систем і складністю вибору необхідно провести докладний аналіз і порівняння. Порівняння слід провести для основних систем ЗА: електричної централізації (ЕЦ), автоблокування (АБ), автоматичної переїзної сигналізації (АПС) і гіркової автоматичної централізації (ГАЦ), при цьому не розділяючи їх. Як альтернативи слід використовувати такі типи систем:

1. Релейна система.
2. Релейно-процесорна система (РП система).
3. Мікропроцесорна система (МП система).
4. Релейна система з мікропроцесорною диспетчерською централізацією (МДЦ).

У цьому випадку слід використовувати метод аналізу ієрархій (МАІ) [27], оскільки він дає змогу врахувати багатофакторні критерії вибору за відсутності об'єктивних даних і має ряд переваг, описаних у роботі [28].

Використання такої альтернативи, як релейна система з МДЦ, є обов'язковим, оскільки впровадження МДЦ охоплює ряд переваг, які є в мікропроцесорних системах ЕЦ, АБ та АПС: збільшення функційних можливостей для

господарства перевезень, наявність архівації та технічного діагностування, оперативне виявлення й усунення пошкоджень. МДЦ потрібно враховувати як складову основних систем і не враховувати її високий рівень (окрім розширення можливостей для господарства перевезень).

Ієрархічна структура вибору системи залізничної автоматики зображена на рис. 1 (з розрахованими ваговими критеріями, матриці попарних порівнянь не наведені).

Критерій «безвідмовність і готовність» впливає на безпечність, тому він розділений і додатково включений до попарних порівнянь за критерієм «безпечність». При відмовах рух поїздів не припиняється [17, 20], і «черговий по станції повинен приймати та відправляти поїзди і проводити маневрові переміщення, забезпечуючи перевірку вільності колії, стрілок і готування маршруту порядком, передбаченим для таких випадків у технічно-розпорядчому акті станції» [20]. При цьому виконання людиною таких вимог не гарантовано, на відміну від системи залізничної автоматики, тому безвідмовність за захисним станом має вплив на безпеку через «людський фактор».

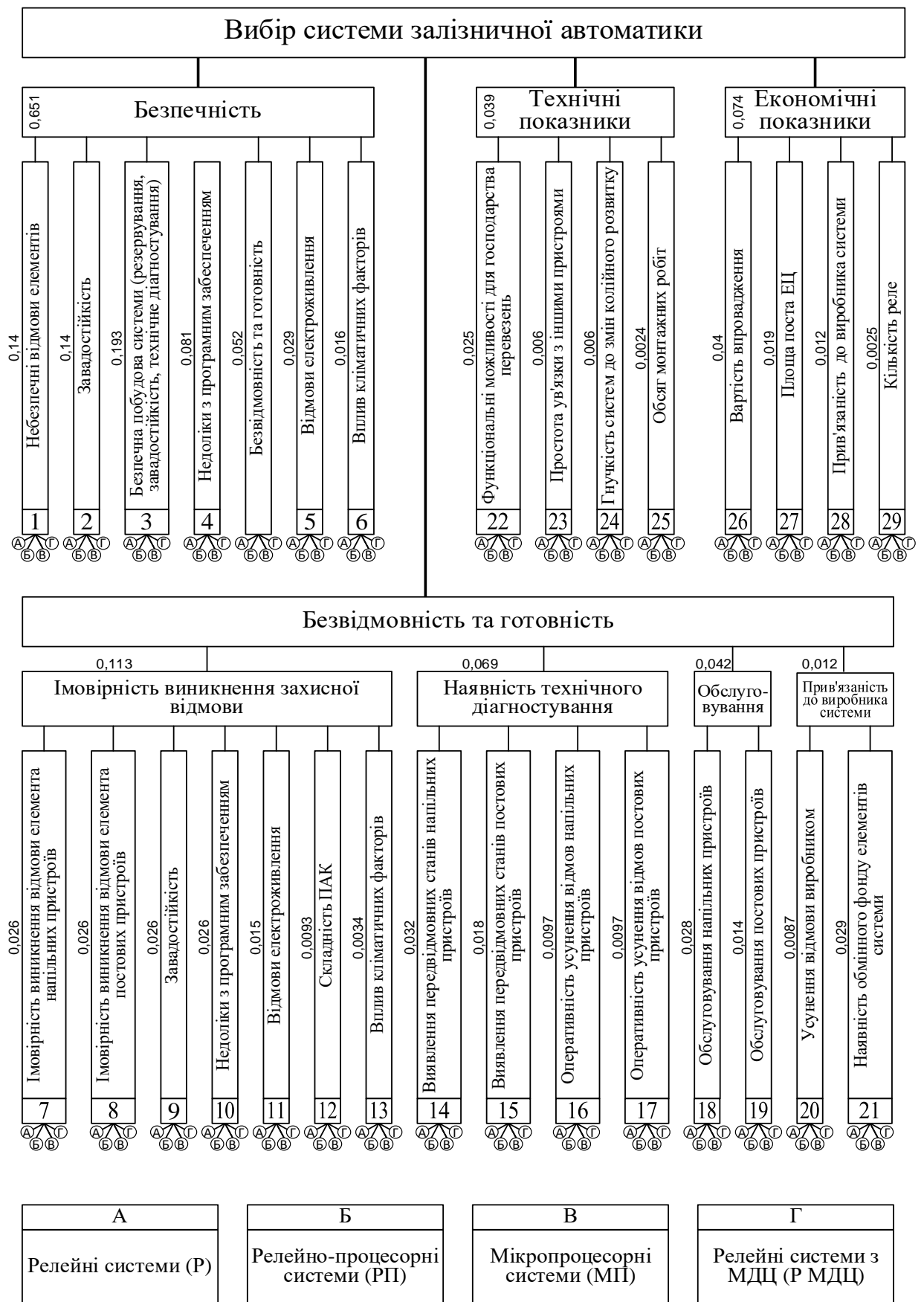


Рис. 1. Ієрархічна структура вибору системи залізничної автоматики

Аналіз альтернатив за критеріями

Використання мікроелектронної елементної бази створює проблеми їхньої надійності, оскільки імовірність небезпечної відмови є набагато більшою, ніж нерозмикання фронтового і загального контакту реле першого класу надійності (наприклад пробій транзистора, хибна генерація логічних «1» або «0», параметричні зміни; а для червоного вогню обрив транзистора чи іншого елемента може призвести до небезпечної відмови). Не меншою проблемою є низька завадостійкість таких елементів, зумовлена факторами, описаними в роботі [16, с. 188-190]. При цьому вплив завад (особливо високоенергетичних) може не лише спричинити раптову відмову, а й значно підвищити старіння та імовірність появи небезпечних відмов елементів. Тому з погляду критеріїв 1 і 2 системи з релейною елементною базою мають очевидну перевагу.

Використання програмного забезпечення (ПЗ) може становити небезпеку через його можливу недосконалість. Через це, за вимогами стандарту ДСТУ EN 50128:2022 [25], передбачено використання різних програмних засобів для кожного каналу резервування. У релейних, релейно-процесорних системах і мікропроцесорній диспетчерській централізації ПЗ відсутнє або практично не використано в частині забезпечення безпеки, за винятком відповідальних команд, що є їхньою перевагою за критерієм 4.

Електроживлення може становити небезпеку за відсутності напруги, що може призвести до потенційних аварійних ситуацій, наприклад відсутність горіння червоного вогню світлофора (коли ввімкнено заборонне показання) або неопускання шлагбаумів. Оскільки вимоги до електроживлення в системах на базі мікроелектроніки є більш суворими, релейні системи мають невелику перевагу за критерієм 5.

Використання мікропроцесорної техніки передбачає нагрівання до відносно високих температур. Якщо не дотримуватися кліматичних вимог, це може призвести до перегріву електронних компонентів, їх загоряння та подальшого замикання провідних доріжок, що може стати причиною небезпечної відмови. У релейних системах імовірність таких подій менша, що надає їм перевагу за критерієм 6.

Для забезпечення необхідного рівня функційної безпеки (ФБ) у мікропроцесорних системах відповідно до вимог робіт [22-26] використовують особливу побудову їхнього програмно-апаратного комплексу. На відміну від релейних систем, де використана безпечна побудова за одноканальною структурою, у МП системах необхідне використання резервування, елементів завадостійкості та підсистем діагностування для виявлення передвідмовних і відмовних небезпечних

станів. Це дає змогу досягнути необхідного рівня ФБ. Детально про принципи побудови безпечних систем описано в роботі [16]. Небезпеку відсутності живлення частково подолано схемними рішеннями як у релейних, так і МП системах, наприклад застосування перенесення червоного вогню, білого вогню на дорожньому переїзному світлофорі, застосування шлагбаумів, які закриваються під власною вагою.

Отже, за критерієм 3 перевага на боці МП систем. Однак, коли порівнюємо загальний рівень ФБ, у мікропроцесорних системах можуть виникнути проблеми, такі як неправильний розрахунок її функційної безпеки, неможливість повністю компенсувати вплив усіх завад (особливо високоенергетичних) і наявність недоліків у програмному забезпеченні. Отже, за критерієм «безпечність» релейні та РП системи можуть мати потенційну незначну перевагу порівняно з мікропроцесорними системами.

Слід урахувати, що в релейно-процесорних системах і мікропроцесорній диспетчерській централізації (якщо здійснено керування з центрального поста) на програмному рівні перевіряють умови безпеки, що створює невелику перевагу порівняно зі звичайними релейними системами.

Якщо порівняти ці самі критерії щодо ймовірності виникнення захисної відмови, то перевага релейних систем стає ще більш очевидною.

Імовірність виникнення захисної відмови елементів напільних пристроїв (критерій 7) залишається однаковою в будь-якому типі системи, оскільки напільне обладнання незмінне. Однак у постових пристроях імовірність виникнення захисної відмови елементів (критерій 8) вища в мікропроцесорних і релейно-процесорних системах через використання мікроелектронних компонентів. Це навіть з урахуванням того, що ймовірність неспрацювання реле першого класу надійності на кілька порядків більша, ніж для нерозмикання фронтового і загального контакту. Аналогічну ситуацію можна спостерігати зі стійкістю до завад (критерій 9), вимогами щодо живлення (критерій 11) і впливом кліматичних чинників (критерій 13).

При цьому в релейно-процесорних і мікропроцесорних системах уже чітко виражені недоліки програмного забезпечення (критерій 10), особливо в АРМах (пункт 5 недоліків МП систем). Крім того, створення безпечної структури мікропроцесорної системи призводить до ускладнення програмно-апаратного комплексу, що також збільшує ймовірність виникнення захисних відмов (критерій 12).

Отже, якщо за критерієм «безпечність» недоліки використання мікроелектронної техніки впливають на мікропроцесорні системи, то за критерієм «імовірності виникнення захисних відмов»

цей вплив уже спостерігають і на релейно-процесорних системах.

Але в сучасних системах впроваджено технічне діагностування, що підвищує показник безвідмовності. У мікропроцесорних системах діагностування постових пристроїв компенсує знижений показник імовірності виникнення захисної відмови. Технічне діагностування постової частини в МП системах виявляє передвідмовний стан і має надзвичайно високий показник виявлення відмов (критерії 15, 17). У релейно-процесорних системах діагностування переважно здійснювано для процесорної частини. Щодо релейної частини в РП системах і релейних системах з МДЦ, то діагностування відбувається в обмеженому обсязі та виконувано побічним методом.

Діагностування напільних пристроїв (критерії 14, 16) зазвичай виконують шляхом вимірювання їхніх вхідних і вихідних параметрів, таких як напруга і струм, а також віддаленого перегляду стану дискретних пристроїв (наприклад у сигнальній установці). Це дає змогу навченому персоналу оперативно отримувати необхідну інформацію, включаючи можливість перегляду архіву. Такий підхід до діагностування впроваджено як у мікропроцесорних, так і релейно-процесорних системах, а також реалізовано у вітчизняній системі мікропроцесорної диспетчерської централізації МДЦ-У.

Технічне діагностування є важливим аспектом, що сприяє зменшенню часу на технічне обслуговування пристроїв СЦБ (критерії 18, 19). Завдяки якісному діагностуванню в мікропроцесорних системах значно зменшується час, необхідний на обслуговування постових пристроїв, у системах РП і МДЦ цей показник зменшення часу не є високим. Наявність діагностування напільних пристроїв суттєво не впливає на скорочення часу їх обслуговування.

Проте збільшення часу на усунення відмов у системах на мікроелектронній елементній базі можливе через такий недолік, як залежність від виробника системи залізничної автоматики. Навчений персонал господарства сигналізації і зв'язку не завжди здатний самостійно усунути всі несправності (критерій 20), як це можливо в релейних системах, тому час на усунення відмов (наприклад у програмному забезпеченні) може бути досить тривалим. Крім того, через непоширеність певної системи в дистанції сигналізації і зв'язку виникає дефіцит елементів системи в обмінному фонді (критерій 21), що може спричинити затримки поїздів.

Застосування АРМів дещо розширило функційні можливості для господарства перевезень (критерій 22). Однак така перевага для

мікропроцесорних і релейно-процесорних систем є потенційною, а не реальною. Запитавши працівників господарства перевезень, який спосіб встановлення маршрутів є кращим: у традиційних системах чи мікропроцесорних системах, відповідь є майже одноставною: традиційний спосіб встановлення маршрутів є кращим, тобто перевага на боці маршрутного набору за допомогою кнопок пульта маніпулятора. Це можна пояснити так, що використання в АРМах вибору маршруту зі списку або вибору категорії маршруту, самостійне введення даних про характеристику рухомого складу збільшує кількість дій, які потрібно виконати, що у свою чергу більше навантажує людський мозок. Очевидна перевага за критерієм 22 є в МДЦ через наявність режиму «автодиспетчера».

Для систем із використанням АРМів необхідно розширювати функційні можливості, наприклад блокування об'єктів керування (у багатьох системах вже використовують), обмін даними з системою МДЦ, автоматизація маневрової та сортувальної роботи, автоматичне оповіщення навченого персоналу на колії.

Мікропроцесорні системи мають перевагу за критеріями 23, 24 та 25. Зміна взаємозалежності стрілок і сигналів відбувається на програмному рівні, а ув'язка з будь-якими пристроями - шляхом введення та виведення дискретних сигналів, що значно зменшує обсяг монтажу. МП і РП системи легко ув'язані з верхнім рівнем (наприклад МДЦ) без необхідності великої кількості обладнання, як у релейних системах.

За критерієм 26 перевага належить релейним системам. Хоча вартість будівництва мікропроцесорних систем є вищою, проте у випадку необхідності будівництва нового поста ЕЦ (критерій 27) шляхом зменшення площі поста перевага релейних систем трохи знижується.

Критерій 28: прив'язаність до виробника в системах на мікроелектронній елементній базі впливає не тільки на показник готовності, але й економічний аспект через необхідність витрат коштів на сервісне обслуговування.

Зменшення кількості реле в МП і РП системах (у МП системах реле все ж таки використовують) призводить до зменшення перевірок у ремонтно-технологічних дільницях (РТД). Завдяки цьому скорочується штат РТД, що дає економічну перевагу за критерієм 29.

Аналіз результатів розрахунків

Після порівняння та розрахунку матриць попарних порівнянь альтернатив (які не наведені) отримано результати у вигляді векторів пріоритетів альтернатив за кожним критерієм (табл. 1-4).

Таблиця 1

Вектори пріоритетів альтернатив за критеріями 1-6

		Критерій					
		1	2	3	4	5	6
Альтернатива	Р	0,312	0,318	0,108	0,328	0,3	0,3
	РП	0,312	0,318	0,15	0,305	0,3	0,3
	МП	0,063	0,045	0,605	0,062	0,1	0,1
	Р МДЦ	0,312	0,318	0,137	0,305	0,3	0,3

Таблиця 2

Вектори пріоритетів альтернатив за критеріями 7-13

		Критерій						
		7	8	9	10	11	12	13
Альтернатива	Р	0,25	0,391	0,391	0,391	0,399	0,424	0,437
	РП	0,25	0,151	0,151	0,151	0,152	0,119	0,113
	МП	0,25	0,067	0,067	0,067	0,05	0,034	0,04
	Р МДЦ	0,25	0,391	0,391	0,391	0,399	0,424	0,41

Таблиця 3

Вектори пріоритетів альтернатив за критеріями 14-21

		Критерій							
		14	15	16	17	18	19	20	21
Альтернатива	Р	0,127	0,054	0,066	0,04	0,127	0,064	0,47	0,437
	РП	0,262	0,142	0,247	0,161	0,262	0,156	0,11	0,159
	МП	0,454	0,719	0,524	0,696	0,454	0,715	0,037	0,047
	Р МДЦ	0,156	0,085	0,163	0,104	0,156	0,064	0,384	0,357

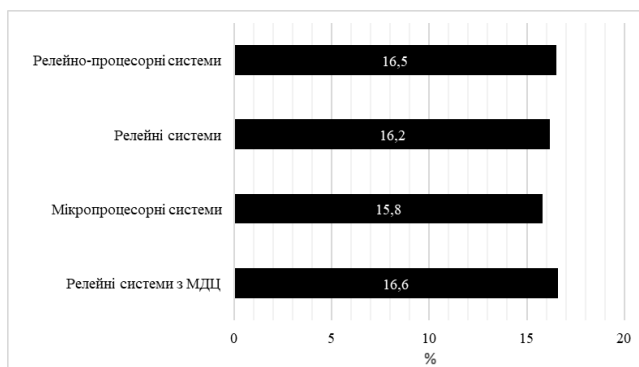
Таблиця 4

Вектори пріоритетів альтернатив за критеріями 22-29

		Критерій							
		22	23	24	25	26	27	28	29
Альтернатива	Р	0,048	0,096	0,122	0,119	0,445	0,109	0,528	0,089
	РП	0,156	0,249	0,201	0,197	0,172	0,189	0,082	0,159
	МП	0,156	0,558	0,602	0,613	0,073	0,598	0,041	0,666
	Р МДЦ	0,64	0,096	0,074	0,07	0,31	0,104	0,349	0,085

Розрахувавши вектор пріоритетів альтернатив за глобальним критерієм «безпе́чність» (рис. 2), можна побачити, що найбільша перевага в релейно-процесорних систем і релейних систем із МДЦ. Релейні системи дещо відстають, а мікропроцесорні системи займають ще нижчу позицію. Причини такого результату описані вище.

Рис. 2. Гістограма вектора пріоритетів альтернатив за критерієм «безпе́чність»



Розрахунок вектора пріоритетів альтернатив за глобальним критерієм «безвідмовність і готовність» (рис. 3) демонструє, що мікропроцесорні системи мають найбільшу перевагу. Це зумовлено високим рівнем технічного діагностування постових пристроїв і скороченням часу, необхідного для технічного обслуговування. На наступних позиціях розташовані релейні системи з МДЦ і звичайні релейні системи, тоді як релейно-процесорні системи значно відстають.

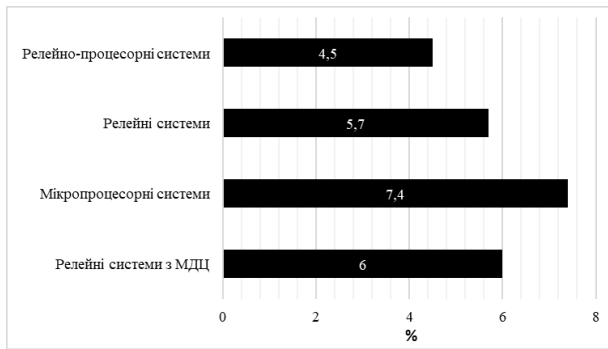


Рис. 3. Гістограма вектора пріоритетів альтернатив за критерієм «безвідмовність і готовність»

Розглянувши вектор пріоритетів альтернатив за глобальним критерієм «технічні показники» (рис. 4), можна визначити, що релейні системи з МДЦ мають найбільшу перевагу завдяки своїм широким функційним можливостям для господарства перевезень. На другій позиції знаходяться мікропроцесорні системи з простотою інтеграції з іншими пристроями та гнучкістю до змін у колійному розвитку. Третє місце – релейно-процесорні системи, а на четвертому місці опинилися релейні системи з очевидних причин.

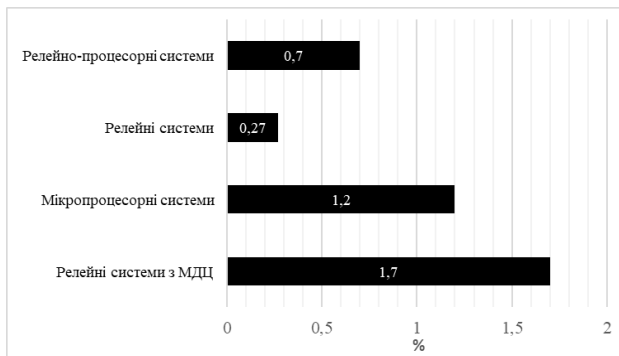


Рис. 4. Гістограма вектора пріоритетів альтернатив за критерієм «технічні показники»

За вектором пріоритетів альтернатив за глобальним критерієм «економічні показники» (рис. 5) спостерігають такий розподіл: на першому місці релейні системи, другому – релейні системи з МДЦ, третьому – мікропроцесорні системи, четвертому – релейно-процесорні системи.

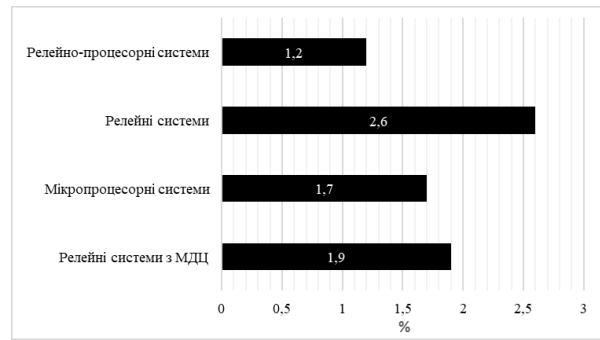


Рис. 5. Гістограма вектора пріоритетів альтернатив за критерієм «економічні показники»

На рис. 6 подано вектор пріоритетів альтернатив за всіма критеріями. Отже, найдоцільнішою є впровадження релейної системи з мікропроцесорною диспетчерською централізацією. Потім ближчими за пріоритетом є мікропроцесорні системи. Релейні системи мають дещо нижчий пріоритет, а останню позицію займають релейно-процесорні системи. Якщо розглянути вектори пріоритетів (рис. 7) без урахування критерію «безпе́чність», який має значну вагу, то мікропроцесорні системи у пріоритеті порівняно з релейними системами з мікропроцесорною диспетчерською централізацією.

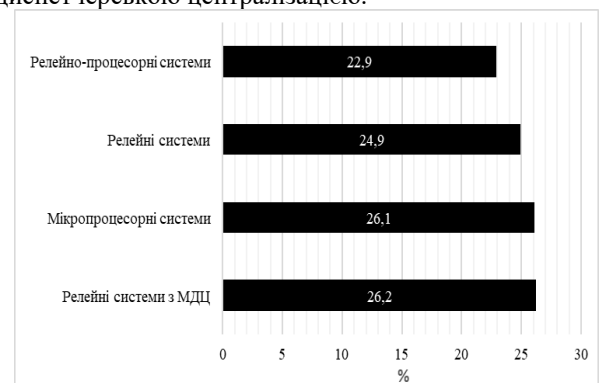


Рис. 6. Гістограма вектора пріоритетів альтернатив

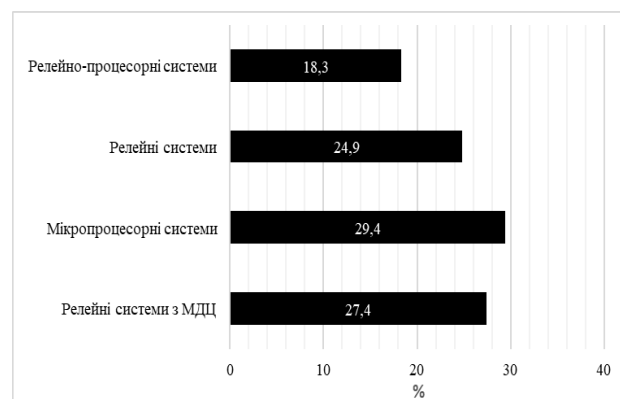


Рис. 7. Гістограма вектора пріоритетів альтернатив без урахування критерію «безпе́чність»

Примітка

Слід зазначити, що ці результати є узагальненими для основних видів систем. Порівнюючи, урахували, що системи застосовують на ділянках з інтенсивним рухом поїздів для визначення напрямів подальшого розвитку систем. У практичному застосуванні методу МАІ при виборі типу системи за елементною базою чи виробником потрібно враховувати інтенсивність руху поїздів та інші чинники застосування системи, тобто співвідношення «безпе́чність» – «безвідмовність і готовність» – «технічні показники» – «економічні показники», і вже конкретно орієнтуватися на вид системи (АБ, ЕЦ, АПС і т. д).

Розвиток систем

Отже, застосування мікропроцесорних систем не завжди виправдане, особливо якщо врахувати їх використання на ділянках з неінтенсивним рухом поїздів, де економічні показники мають більшу вагу. Для виконання багатьох функцій, характерних для мікропроцесорних систем, можна застосувати релейні системи з МДЦ. Подальший розвиток систем, заснованих виключно на реле, неможливий, оскільки релейні системи вичерпали свої можливості. Розрахунки показали, що застосування релейно-процесорних систем є недоцільним через низькі показники безвідмовності, готовності та економічної ефективності. Тому подальший розвиток можливий у мікропроцесорних систем і МДЦ або додаткових надбудовах для релейних систем.

Також можна розглянути пропозицію, не використовувану в жодній вітчизняній системі мікропроцесорної диспетчерської централізації: із застосуванням МДЦ встановлення АРМ ДСП з можливістю керування станцією з нього (у тому числі на великих станціях). Тобто, використовуючи апаратуру диспетчерської централізації, без значних витрат впровадити релейно-процесорну централізацію.

Збільшити перевагу мікропроцесорних систем над застосуванням надбудов можна шляхом розроблення єдиного стандартного рішення (типового альбому) для мікропроцесорних систем, власником якого має бути АТ «Укрзалізниця». За такого підходу можна підвищити безпе́чність і безвідмовність систем за рахунок вибору найкращих технічних рішень, позбутися залежності від конкретних виробників, значно зменшити вартість впровадження системи, а також постійно удосконалювати мікропроцесорні системи шляхом впровадження раціоналізаторських пропозицій від працівників господарства сигналізації і зв'язку (що практично неможливо, коли система належить приватному підприємству).

Другий, безсумнівно, найважливіший, крок до вдосконалення полягає в застосуванні повної **підсистеми технічного діагностування (ПСТД)**, зокрема для напілних пристроїв. Однією з проблем діагностики в сучасних системах є необхідність проведення аналізу отриманих даних вручну, а навченому персоналу доводиться ухвалювати рішення про стан пристроїв. Тому необхідно розроблення ПСТД, яка зможе:

- моніторити стан систем і її параметри;
- виявляти передвідмовний стан елементів із високим коефіцієнтом виявлення;
- досить точно виявляти причини відмови;
- виявляти небезпечні стани з можливістю впливу на систему автоматики;
- змінити стратегію технічного обслуговування на обслуговування за фактичним станом об'єкта;
- давати рекомендації навченому персоналу;
- контролювати виконання графіка технічного обслуговування.

Створення такої підсистеми є непростю науковою проблемою, бо потрібно відносно дешевим методом виконувати складні технологічні процеси. Оскільки кожен елемент залізничної автоматики потребує індивідуального наукового дослідження, необхідно створити схему розподілу елементів діагностування (рис. 8).

Діагностування пристроїв залізничної автоматики

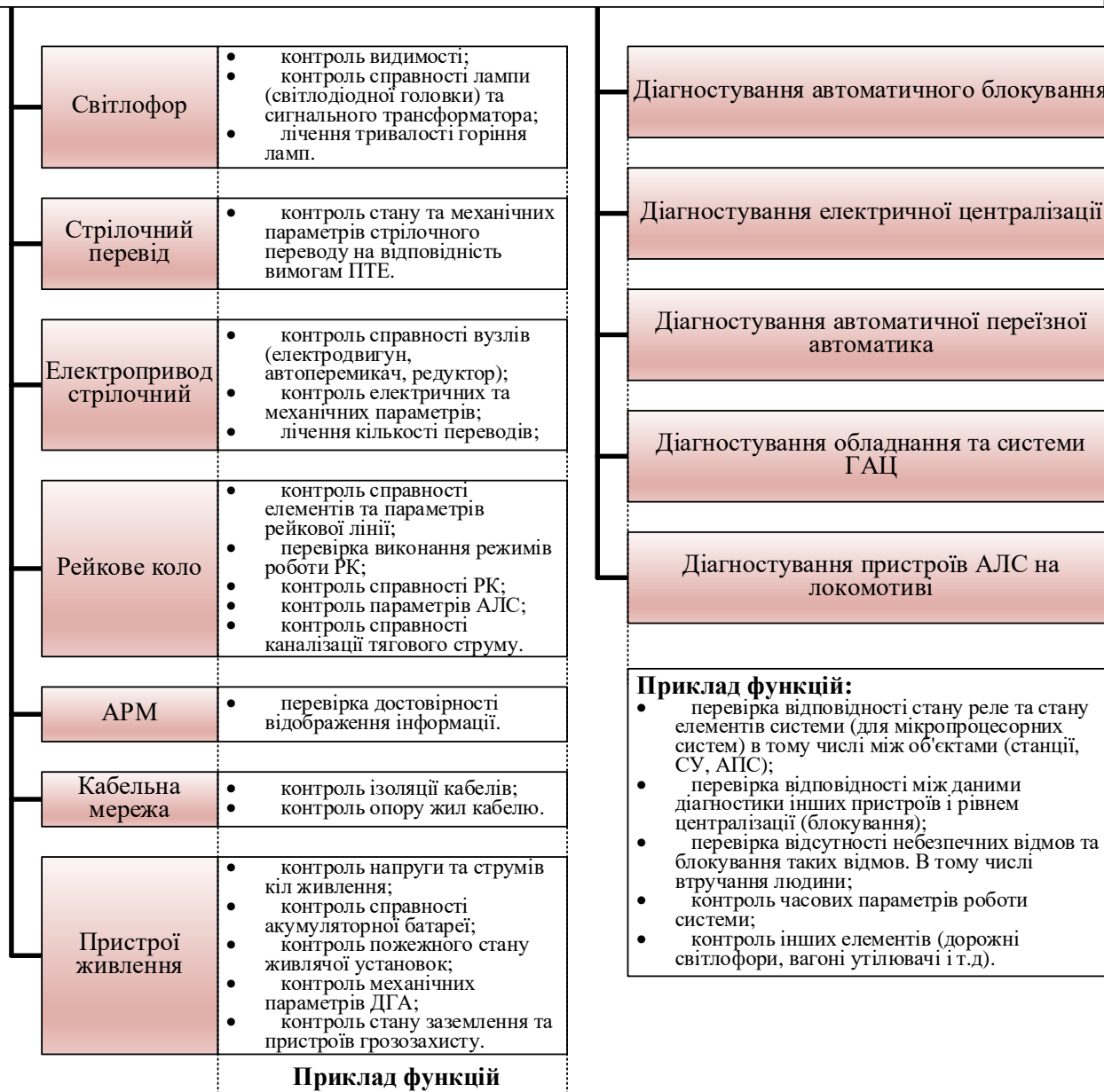


Рис. 8. Схема розподілу елементів діагностування

Подана схема є узагальненою і потребує детального дослідження і розроблення дерева функцій. На сьогодні деякі функції вже реалізовані, наприклад діагностування пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації, логічної частини електричної централізації та автоблокування в МП системах, були об'єктом і предметом досліджень, наприклад контроль стану електродвигунів і стрілочних переводів [21]. Інші функції потребують наукових досліджень або інженерного розроблення.

Упровадження потужної ПСТД не тільки підвищить ефективність мікропроцесорних систем, але й стимулюватиме розвиток інноваційних систем залізничної автоматики:

1. **Збільшення автоматизованих функцій до повної автоматизації перевізного процесу:** об'єднання залізничної системи країни в єдину інтегровану мережу дасть змогу машинним способом визначати найефективніший спосіб використання наявних ресурсів, зокрема розраховувати оптимальні графіки руху поїздів. Це призведе до значного економічного ефекту завдяки збільшенню перевізної спроможності, скороченню часу доставлення вантажів, а також зменшенню кількості персоналу галузі перевезень (особливо чергових по станції та диспетчерів).

2. Систем інтервального регулювання руху поїздів на основі рухомих блок-ділянок.

3. Систем автоматичного керування поїздом (автомашиніст).

4. Систем зі повною автоматизації маневрових і сортувальних робіт.

Висновок

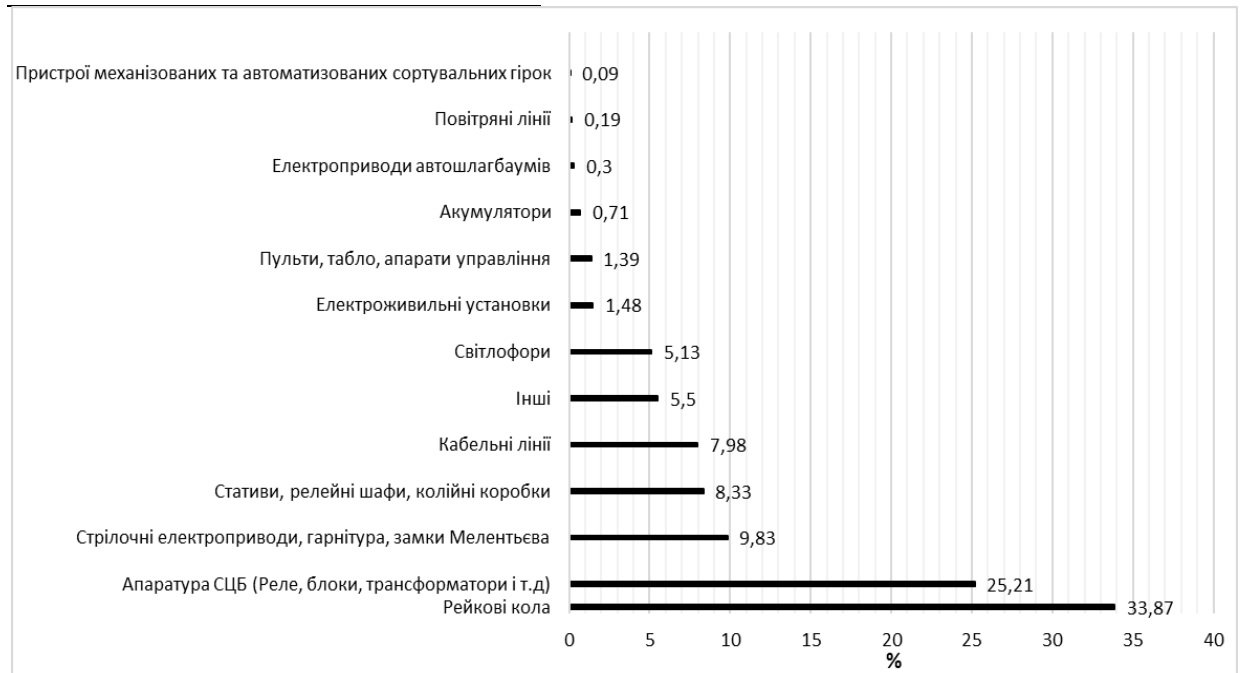


Рис. 9. Гістограма розподілу відмов пристроїв залізничної автоматики за елементами

Аналізуючи гістограму, можна виявити, що виділяють два елементи – рейкові кола та апаратура СЦБ. Однак офіційна статистика Департаменту автоматики і телемеханіки є недостовірною. Наприклад, рейкові кола є найбільш пошкоджуваним елементом: у 2021 році було зареєстровано 680 відмов, що в середньому становить дві відмови рейкового кола на добу по всій Україні, що значно недооцінює реальний обсяг проблеми. Можна припустити, що справжня кількість відмов рейкових кіл перевищує 20000 на рік по всій Україні.

На основі практичного досвіду другим елементом за частотою відмов мають бути стрілки, а не апаратура СЦБ. Причиною занижених показників кількості відмов може бути часте приховування пошкоджень пристроїв СЦБ навченим персоналом служб сигналізації і зв'язку, а також працівниками господарства перевезень.

Пошкодження апаратури СЦБ і монтажу на стативах і релейних шафах потребують аналізу принципових схем і висококваліфікованих фахівців, тому усунення таких пошкоджень займає тривалий час, і приховати їх вдається рідше. Насправді показник відмов в апаратурі та монтажі має бути незначним порівняно з іншими пошкодженнями, такими як рейкові кола, стрілки, світлофори, кабельні мережі.

Отже, показник відмов пристроїв СЦБ, за офіційною статистикою, може бути завищеним у 10-

Необхідно визначити, який з елементів потребує першочергового дослідження. Для цього необхідно розглянути гістограму відмов пристроїв залізничної автоматики за елементами (рис. 9) [29].

30 разів. Це також підкреслює необхідність застосування функції виявлення і архівації відмов.

Проте, оскільки відмови рейкових кіл трапляються найчастіше, першочерговим завданням для майбутніх досліджень є **розроблення методів і способів діагностування рейкових кіл.**

Список використаних джерел

1. Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів: навч. посіб. / В. І. Мойсеєнко, С. Л. Пархоменко, М. М. Чепцов, Т. А. Коцюба; за ред. В. І. Мойсеєнка. Харків: ФПД ФО "Морозов В.О." 2013. 394 с.
2. Мікропроцесорні системи управління рухом поїздів МПЦ-У та МАБ-У: навч. посіб. для студ. вузів залізнич. трансп. / В. І. Басов, В. В. Єлисеєв, О. В. Петренко та ін. Київ: Макрос, 2014. 318 с.
3. Мікропроцесорна диспетчерська централізація «КАСКАД»: навч. посіб. / М. І. Данько, В. І. Мойсеєнко, В. З. Рахматов та ін. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 176 с.
4. Панченко С. В., Мороз В. П., Змії С. О., Турчинов Р. В. Дослідження мікропроцесорної гіркової централізації: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни

- «Станційні системи автоматики». Харків: УкрДУЗТ, 2016. 18 с.
5. Нейчев О. В. Системи диспетчерського управління: навч. посіб. Харків: УкрДУЗТ, 2015. 289 с.
 6. Проектні рішення 421418.001 ПР-001. Мікропроцесорна централізація стрілок і сигналів МПЦ-У. : ПрАТ «СНВО «Імпульс», 2014. 63 с.
 7. Проектні рішення 421428.001 ПР-001. Мікропроцесорне автоматичне блокування МАБ-У. : ПрАТ «СНВО «Імпульс», 2013. 34 с.
 8. Проектні рішення 421447.001 ПР-002. Мікропроцесорна система диспетчерської централізація та диспетчерського контролю МДЦ-У. : ПрАТ «СНВО «Імпульс», 2013. 133 с.
 9. Релейно-процесорна централізація «КАСКАД». Проектні рішення 13436911.352040.ПР.02.02. : ТОВ «Антрон»; ТОВ «НВО Трансавтоматика», 2007. 69 с.
 10. Мікропроцесорна система диспетчерської централізації «КАСКАД». Типові проектні рішення 13436911.1 84 154.ПР.40.4. : ТОВ «Антрон», 2007. 96 с.
 11. Мікропроцесорна централізація стрілок та сигналів 01.ESB-UA-2008. Проектні рішення. Виконавчі схеми. Зволен-Ужгород, 2008. 51 с.
 12. Релейно-процесорная централизация стрелок и сигналов. БРЦ-М2. Проектные решения МИСАТ.10006-МП. Принципиальные схемы. : ООО «НПП КС-МИСАТ», 2008. 82 с.
 13. Продукція для залізниці. Impulse. URL: <https://impulse.ua/index.php/ua/produksiya-2/production-for-the-railway> (дата звернення: 01.05.2024).
 14. Railwayautomatic. URL: <https://rwa.ua/uk/> (дата звернення: 01.05.2024).
 15. ООО «НПП КС-МИСАТ». URL: <http://misat.com.ua> (дата звернення: 01.05.2024).
 16. Кустов В. Ф. Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2008. 156 с.
 17. Правила технічної експлуатації залізниць України. Київ: Транспорт України, 2003. 256 с.
 18. Норми технологічного проектування пристроїв автоматики і телемеханіки на залізничному транспорті України. ЦШ-0027. Київ: Транспорт України, 2003. 95 с.
 19. Інструкція з сигналізації на залізницях України. ЦШ-0001. Київ: Транспорт України, 2008. 158 с.
 20. Інструкція з руху поїздів та маневрової роботи залізниць України. ЦД-0058. Київ: Транспорт України, 2005. 259 с.
 21. Buriak S., Malovichko V., & Romantsev I. (2018). Діагностування стрілочних переводів в сучасних мікропроцесорних системах централізації. Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті, (16). DOI: <https://doi.org/10.15802/ecsr2018/172670>.
 22. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів. Системи керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Чинний від 01.07.2003.
 23. ДСТУ EN 50121-4:2019. Залізничний транспорт. Електромагнітна сумісність. Частина 4. Емісія завад і несприйнятливості сигнальної та телекомунікаційної апаратури (EN 50121-4:2016, IDT). Чинний від 01.01.2021.
 24. ДСТУ EN 50126-1:2015. Залізничний транспорт. Специфікація та демонстрація надійності, доступності, безпеки і ремонтпридатності (РАМН). Частина 1. Основні вимоги та загальний процес (EN 50126-1:1999/AC:2010, IDT). Поправка № 2:2018. Чинний від 01.01.2019 р.
 25. ДСТУ EN 50128:2022. Залізничний транспорт. Системи телекомунікаційні, сигналізаційні та системи для оброблення даних. Програмне забезпечення для систем управління та захисту на залізницях (EN 50128:2011, IDT).
 26. ДСТУ EN 50129:2019. Залізничний транспорт. Системи зв'язку сигналізації та оброблення даних. Електронні сигналізаційні системи безпеки (EN 50129:2018, IDT). Чинний від 01.01.2020 р.
 27. Thomas L. Saaty. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat. VOL. 102 (2), 2008, P. 251–318.
 28. Переваги та недоліки методу аналізу ієрархій. URL: <https://dss.tg.ck.ua/2019/06/22/3137> (дата звернення: 22.05.2024).
 29. Аналіз експлуатаційної роботи господарства сигналізації та зв'язку за 2020, 2021, 2022 рр. Київ: Департамент автоматики та телекомунікацій АТ «Укрзалізниця».

Kaliuta Yu. V., Ananieva O. M. Analytical review of railway automation systems

Abstract. The article examines railway automatic systems from the point of view of their elemental base. An analysis of literary sources was carried out, from which the advantages of using microprocessor systems were highlighted. Their shortcomings, which were not reflected in the literature, are considered separately. A solution to the topical issue of system selection through a hierarchical structure based on the analytic hierarchy

process (AHP) is proposed for selecting the type of system to be implemented, which can be used not only for element-based comparison.

A generalized analysis of the expediency of systems implementation was conducted. The comparison is made according to such global criteria as «safety», «reliability and availability», «technical indicators» and «economic indicators». A detailed analysis showed that considering the factor of intensive train traffic, it is reasonable to implement a relay system with a microprocessor based centralized traffic control system and a microprocessor system, while the conventional relay system has a slightly lower performance. The feasibility of implementing relay-processor systems has not been confirmed.

On the basis of the conducted analysis, the necessary steps in the development of railway automation systems have been determined, among which the most important today are: the creation of a single standard solution for microprocessor systems, the owner of which will be JSC «Ukrzaliznytsia», and the development of a complete subsystem of technical diagnostics of railway automatic devices. The implementation of this subsystem will contribute to significant changes not only in the field of signaling and communication, but also in railway transport as a whole. The development of methods for diagnosing rail circles is defined as a priority direction. Some suggestions for improving the systems are also presented.

Keywords: microprocessor systems, microprocessor based centralized traffic control system, technical diagnostics subsystem, track circuits, the Analytic Hierarchy Process (AHP).

Калиута Юрій Васильович, аспірант кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: yurikaliuta@gmail.com. ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2150-8396>.

Kaliuta Yurii, post-graduate of the Department of Automation and computer telecontrol of trains, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: yurikaliuta@gmail.com. ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2150-8396>.

Ананьєва Ольга Михайлівна, д.т.н., професор кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: ananeva@kart.edu.ua. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6686-8249>.

Ananieva Olha, Dr.Sc (Tech.), Professor of the Department of Automation and computer telecontrol of trains, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: ananeva@kart.edu.ua. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6686-8249>.