

С.М. Єсаулов, О.Ф. Бабічева, Є.В. Колесніченко

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

ПРАКТИЧНІ ПРИЙОМИ РОЗРОБКИ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ ЛІФТОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Розглянуто прийоми підготовки збору і аналізу первинної інформації про можливі несправності електро-механічного обладнання ліфтів, підготовки ранжируваного списку подій для розробки алгоритмів діагностики необхідної глибини. Розроблено прикладні варіанти схем функціональної цілісності, що дозволяють синтезувати логічні діагностичні пристрої довільної структури. Наведено алгоритм ідентифікації подій.

Ключові слова: ліфт, діагностика, контрольні точки, алгоритм, список подій.

Постановка проблеми

Згідно зі статистичними даними та інформацією в технічній літературі [1, 2] на ремонт ліфтів і діагностування несправностей обладнання їх щорічно витрачається приблизно 9,5 млн. грн. При цьому за період з 2006 по 2018 рр. частка відмов через несправність електрообладнання ліфтів склала 64%, а механічного обладнання – 36%.

Своєчасна технічна діагностика сприяє підвищенню експлуатаційної надійності електромеханічного обладнання ліфтів, а визначення параметрів контрольних точок несправностей і своєчасна передача інформації на диспетчерський пункт через автономний блок аварійної служби контролю є основною сучасним завданням вдосконалення локальної техніки діагностування ліфтів різного призначення і модифікацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

При проектуванні блоку диспетчерського комплексу ліфтової аварійної служби контролю [3] завжди стоять завдання складання списку подій, що призводять до відключення ліфта, класифікації та ідентифікації передаварійних, аварійних та інших нестандартних ситуацій. Крім описаних в Правилах будови і безпечної експлуатації ліфтів [4] до переліку несправностей дуже часто вносять додаткові події, що обумовлено впровадженням нової цифрової техніки в ліфтовому господарстві й дозволяє розробити оригінальні алгоритми діагностики необхідної глибини технічного контролю ліфтового обладнання з метою істотного скорочення часу щоденного технічного обслуговування (ЩТО), виявлення несправностей, здійснення ремонту і, відповідно, простою ліфта з очевидних причин.

Прийоми опису подій [5] для розробки алгоритмів діагностики необхідної глибини несправностей постійно вдосконалюється. При цьому схеми аналізу

функціональної цілісності діючого мехатронного обладнання, що реалізується за допомогою булевих функцій, тепер дозволяє в реальному часі виявляти нестандартні ситуації, а в досить повних алгоритмах ідентифікувати можливі події пов'язані з майбутніми відмовами блоків, модулів, агрегатів та інших вузлів ліфта.

За допомогою системного аналізу [1] ефективно здійснюється ранжирування всіх елементів ліфта, що розкривають відомі взаємозв'язки їх між собою. При цьому підпорядкованість компонентів обладнання, побудована за допомогою структурних моделей і подаються у вигляді дерева цілей з ієрархічною структурою, допомагають виконати розрахунок надійності окремих частин і агрегатів в цілому. Практична реалізація структурних моделей може бути заснована на вибіркових спостереженнях, а формування цензурованих інтервалів будь-якої вибірки, що враховує наявність відновлюючих і працюючих компонентів ліфтів доцільно здійснювати при глибокій вибірці і локальних вибірках відмов окремих компонентів, що входять до складу всього мехатронного обладнання.

Заслугує на увагу, що отримав застосування, метод діагностики несправностей ліфта [6], заснований на тесті послідовного відношення ймовірностей (SPRT), який зручно застосовувати і для діагностики несправностей механічної системи ліфта. Для перевірки ефективності методу була розроблена модель, в основу якої покладено вейвлет-перетворення для фільтрації шуму, наприклад, вібраційного сигналу, що застосовується в тест-експерименті. У цій моделі перед кожним отриманням сигналу система автоматично визначає, чи всі стани вузла моніторингу стабільні. При позитивному результаті немає необхідності отримувати сигнал в наступних тест-випробуваннях. В іншому випадку сукупність тест-сигналів зберігається і якщо всі стани вузлів моніто-

рингу стабільні, модель активується для виведення результатів діагностики ліфта і надалі аналізується за заданим алгоритмом.

Хоча цей метод використовувався переважно на експериментальних моделях, він може знайти застосування і в системах моніторингу ліфтів комунального господарства на основі контролю безлічі параметрів [7] з використанням засобів передачі інформації для систематизації можливих відмов, поліпшення керування ліфтовим обладнанням на основі інформації про робочий стан ліфтів і діагностики прихованих несправностей у них.

Метою цієї роботи є розробка алгоритму діагностики ліфтів, моделювання основних діагностованих параметрів і розробка експериментального діагностичного пристрою зі змінним числом контрольних точок ліфтового мехатронного обладнання.

Виклад основного матеріалу

Приклад відображення взаємозв'язку систем і діагностичних параметрів ліфтів ілюструє рисунок 1. Прийняті дві групи систем (забезпечення безпеки експлуатації і реалізації функціонального призначення) можуть бути розширені залежно від призначення ліфтів.



Рис. 1. Взаємозв'язок структурних і діагностичних параметрів

Список подій і контрольні точки параметрів ліфтового обладнання, що призводять до відключення ліфта, їх класифікація й ідентифікація були

визначені за допомогою статичної інформації [5]. Для подальшого аналізу впливу цих параметрів на відмову роботи ліфтів було запропоновано алгоритм взаємозв'язку визначених контрольних точок (рис. 2).

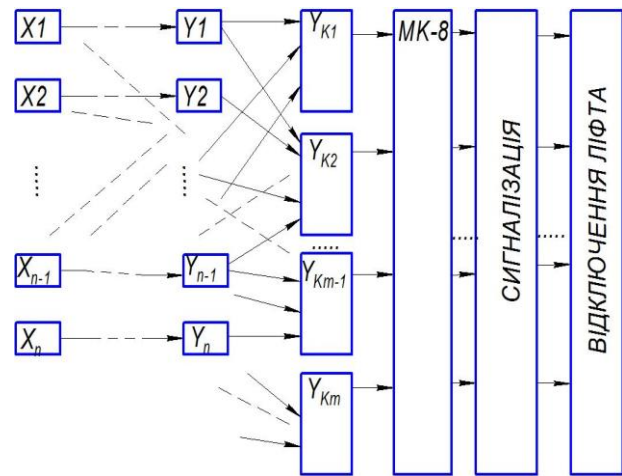


Рис. 2. Структура пристрою обробки первинної інформації приймальних елементів

Список подій і контрольні точки для їх виявлення наведені в таблиці 1. Наприклад, напруга в контрольних точках розглядається як аргументи функціонального пристрою і позначаються X_i . Технологічна величина – напруга, як і всі інші представляється бінарними випадковими подіями з двома неспільними результатами – наявність або відсутність напруги (або нормування величини напруги з недопустимими рівнями). В якості логічних критеріїв функціонування системи вибрані Y – «Ліфт включений» і Y_0 – «Ліфт вимкнений».

Аналіз несправностей електромеханічного обладнання ліфта виконується на основі інформації про стан модулів, блоків, ліній зв'язку і окремих приймальних елементів (рис. 3).

При n -датчиках виконується ранжирування інформації (info) і формування вихідних даних для реалізації прикладних рівнів для електронної діагностики компонентів обладнання.

Сучасні ліфти, що використовуються в комунальному господарстві, оснащуються різними електричними приводами, дискретними пристроями керування, які здійснюється за допомогою електронних, програмованих та гібридних пристроїв. Функціональні властивості блоків керування включають контроль технологічних параметрів при експлуатації устаткування, місцеве й дистанційне керування електроприводами, сигналізацію, блокування різного призначення та заборону на експлуатацію ліфта.

Таблиця 1

Список подій і контрольні точки для їх виявлення

Аргумент	Призначення контрольної точки	Примітка
X1	Контроль напруги після випрямляча	1 – є напруга
X2	Контроль резервного живлення	1 – живлення ввімкнено
X3	Контроль напруги після вставки ПРЗ	1 – напруга є
X4	Відключений ВК	0 – відключений
X5	Контроль напруги на контактах ВНУ і В2	1 – напруга є
X6	Фіксація факту затиску кнопки «СТОП»	0 – кнопка натиснута
X7	Контроль напруги на контактах вимикача на ловцях	1 – напруга є
X8	Контроль напруги на вимикачі навантаження підйомних кранів	1 – напруга є
X9	Контроль напруги на вимикачі дверей кабіни	1 – двері кабіни
X10	Контроль ланцюга безпеки	1 – ланцюг безпеки зібраний
X11	Контроль напруги на реле відкриття дверей	1 – напруга є
X12	Контроль напруги на реле закриття дверей	1 – напруга є
X13	Контроль включення головного приводу	1 – включений
X14	Контроль напруги на реле точної зупинки	0 – кабіна стоїть на поверсі
X15	Фіксація факту проникнення в шахту	1 – двері шахти відкриті
X16	Контроль відкриття дверей машинного приміщення	1 – двері відкриті
X17	Фіксація натиснення кнопки «Виклик диспетчера»	1 – кнопка натиснута
X18	Фіксація факту керування з машинного приміщення	1 – керування з машинного приміщення

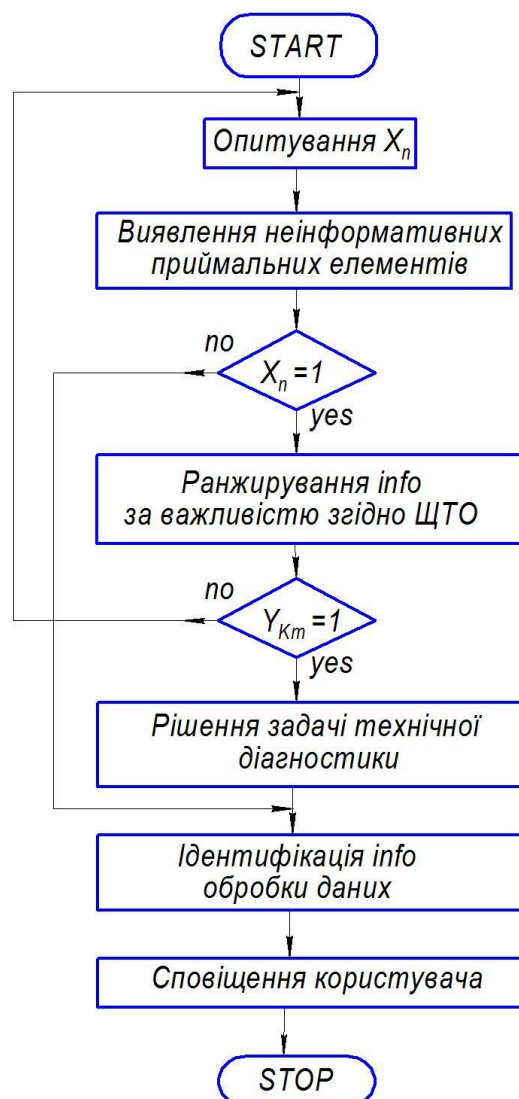


Рис. 3. Концептуальна схема алгоритму аналізу несправностей електромеханічного обладнання ліфта.

Сигналізація за призначенням поділяється на: положення виконавчих пристроїв (включений, вимкнений), сповіщення (про порушення нормального ходу технологічного процесу), дії захисту і автоматики (включення засобів захисту, блокування та ін.).

В більшості випадків функції блоку керування реалізуються дискретно у зв'язку з чим моделювання безлічі схем з несправностями виконують за допомогою логічного моделювання справного пристрою без урахування затримок. Алгоритми моделювання без часових затримок елементів привабливі тим, що дозволяють розглядати алгоритми моделювання з нульовими затримками або синхронними часовими інтервалами опитування контрольних точок моделі.

Моделювання здійснюється шляхом послідовного обчислення значень сигналів на виходах приймальних та інших елементів за значеннями сигналів на їх входах. Самі значення сигналів зберігають в спеціальному масиві – робочому полі, використову-

ваному при поодинокому моделюванні елементів за принципом збігу сигналів [8].

Одним з різновидів є паралельне моделювання, при якому значення сигналів на виходах елементів обчислюють за допомогою логічних операцій над значеннями сигналів.

Основним завданням бінарного експрес-діагностування устаткування є визначення справності компонентів обладнання на основі контролю однієї або декількох технологічних величин в двійковій системі за принципом «так – ні». Якщо технологічна система оснащена приймальними елементами, датчиками або сенсорами для контролю величин X_i , а інтегральний параметр Y визначається залежністю [8]:

$$Y = SX_i, \quad (1)$$

то в найбільш простому вигляді відхилення бінарної вихідної ординати за межі інтервалу можна записати:

$$\beta t = \{1, \text{коли } Y_i B > \Delta t\}; \quad (2)$$

$$\beta t = \{-1, \text{коли } Y_i H < \Delta t\}. \quad (3)$$

де $Y_i B$, $Y_i H$ – верхнє і нижнє допустимі значення контрольованої ординати.

Прикладом рішення подібної задачі може бути схема функціональної цілісності, на основі якої була складена система прикладної логічної функції, яка залежна від аргументів, прив'язаних до відповідних контрольних точок, що дозволило розробити ефективні прийоми можливих ідентифікації подій.

$$Y_i = \sum_{i=1}^n X1 \wedge X2 \wedge \dots \wedge X_{n-1} \wedge X_n, \quad (4)$$

$$Y_{Km} = f(Y_i - Y_{i0}), \quad (5)$$

$$Y_{Km} = \sum_{m=0}^{n/8} Y_{K1} \wedge Y_{K2} \wedge \dots \wedge Y_{Km-1} \wedge Y_{Km}. \quad (6)$$

Застосування системи рівнянь (4) при синтезі діагностичного устаткування компонентів електромеханічної системи обладнання ліфтів дозволило отримати функціональну схему пристрою за допомогою логічної моделі бінарного діагнозу (6) декількох параметрів одночасно. Схему пристрою (рис. 3), зручно виконати за допомогою локальних мікроконтролерів різних модифікацій, компонентів [9] та ін.

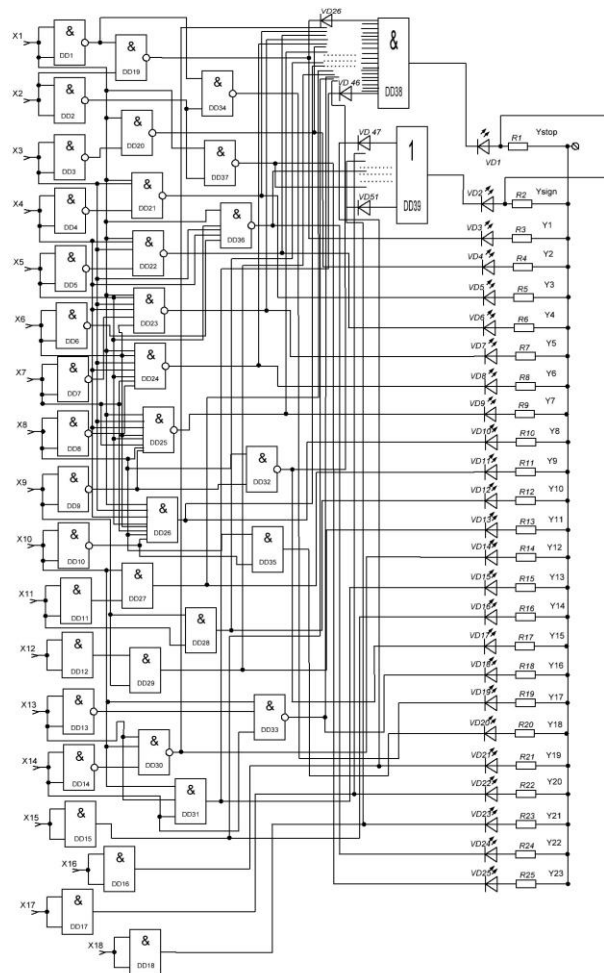


Рис. 4 Функціональна схема пристрою діагнозу справності системи керування ліфтів: DD1 – DD35 – логічні елементи; VD1 – VD51 – світлодіоди; R1 – R25 – резистори

Моделювання і реалізація функціональної схеми на логічних елементах забезпечує діагностику ліфтів за результатами паралельного моделювання вхідних наборів (табл. 2). Окрім несправностей, що мають математичні описи, на їх основі можна створювати вхідні набори (прототипи кодів несправностей) відразу для декількох вузлів і блоків, сигнал попередження яких може служити основою сповіщення користувачів про можливі неприпустимі поломки устаткування при його подальшій експлуатації або негайній забороні експлуатації (WARNING; STOP).

Для реалізації схеми розглянуто варіанти безконтактних напівпровідникових датчиків, що серійно випускаються, із гальванічною розв'язкою для більшості реальних електричних та механічних контрольованих параметрів [10, 11], логічні збірки й мікроконтролери зі входами для дискретних і аналогових електричних сигналів [12] із довільним масштабуванням їх.

Таблиця 2

Відповідність вхідних наборів і несправностей ліфтів

Вхідний набір	Несправність обладнання
010000000000000000	Y_1 – відсутня напруга після випрямляча
101000000000000000	Y_2 – згоріла вставка ПРЗ
101100000000000000	Y_3 – відключений ВК
101110000000000000	Y_4 – відключений ВНУ або В2
101111100000000000	Y_5 – відключений ВЛ
101111110000000000	Y_6 – відключений СПК
101111111000000000	Y_7 – не закрито двері кабіни
101111110100000000	Y_8 – не закрито двері шахти
000000001100000000	Y_9 – несправний ланцюг безпеки
000000001010000000	Y_{10} – несправний привод відкриття дверей кабіни
000000001001000000	Y_{11} – несправний привод закриття дверей
000000001001000000	Y_{12} – кабіна не зсунулась з поверху
000000001001100000	Y_{13} – кабіна не пройшла поверх
000000000000001000	Y_{14} – проникнення у шахту
000000011000000000	Y_{15} – двері кабіни відкриті між поверхами
000000001000100000	Y_{16} – кабіна стоїть між поверхами
110000000000000000	Y_{17} – відключено електроживлення ліфта
000000010100000000	Y_{18} – багатократний реверс дверей
000000000000000100	Y_{19} – відкрито двері МП
000000000000000010	Y_{20} – виклик диспетчеру
000000000000000001	Y_{21} – ліфт у режимі керування з МП
101111000000000000	Y_{22} – затиснута кнопка «Стоп»
100000000000000000	Y_{23} – згорів ПР4
010000000000000000	SIGN
101000000000000000	
101100000000000000	
101110000000000000	
101111100000000000	
101111110000000000	
101111111000000000	
101111110100000000	
000000001100000000	
000000001010000000	
000000001001000000	
000000001001000000	
000000001001100000	
000000000000000100	
000000011000000000	
000000001000100000	
110000000000000000	STOP
000000010100000000	
000000000000000100	
000000000000000010	
000000000000000001	
101111000000000000	
100000000000000000	

Висновок

В роботі розглянуто відомі прийоми моделювання пристроїв діагностики складних мехатронних систем, на основі яких запропоновано синтез багатофункціонального діагностичного пристрою мехатронного обладнання ліфтів комунального господарства, що реалізовується на базі прийомних елементів, що серійно випускаються, сенсорів і мікроконтролерів.

Література

1. Шпет, Н. А. Исследование отказов пассажирских лифтов по данным эксплуатации [Текст] / Н. А. Шпет, О. П. Муравлёв // Известия Томского политехнического университета. Электроэнергетика – 2013. – Т. 323. № 4. – С. 123 – 126.
2. Витчук, П. В. Диагностирование привода лифта [Текст] / П. В. Витчук, В. И. Сероштан, П. В. Самосёв // Известия ТулГУ. Технические науки. Подъемно-транспортные машины и оборудование – 2013. – Вып. 7. Ч.1. – С. 184 – 194.
3. Шкредов, Ю. А. Разработка и внедрение автоматизированной системы диспетчеризации лифтов [Текст] / Ю.А. Шкредов // Науч. вестн. НГТУ. – 2007. – № 1 (26). – С. 193–200.
4. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов (ПБ 10-558-03) [Текст]. – М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. – Сер. 10. – Вып. 26.
5. Шкредов, Ю. А. Разработка алгоритмов диагностики пассажирского лифта [Текст] / Ю. А. Шкредов, А. П. Кляуз // Сборник научных трудов НГТУ. – 2009. – № 4(58). – С. 11 – 18.
6. Chang Liu, Shu Zhou, Xindong Liu, Can Chen. (2017). The Elevator Fault Diagnosis Method Based on Sequential Probability Ratio Test (SPRT), *Automation, Control and Intelligent Systems*, 5(4), 50 – 55.
7. You Zhoua, Kai Wangb, Hongxia Liua. (2018). An Elevator Monitoring System Based On The Internet Of Things, *Procedia Computer Science* 131, 541 – 544.
8. Есаулов, С.М. Проектирование эталонной модели для системы диагностирования оборудования на транспорте. [Текст] / С.М. Есаулов, О.Ф. Бабичева, В.М. Шавкун // Восточно-европейский журнал передовых технологий.
9. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3 [Текст]. - Смоленск: ПК Пролог, 2008. – 452 с.
10. Есаулов, С.М. Проектирование компонентов для систем автоматического диагностирования транспорта. [Текст] / С.М. Есаулов, О.Ф. Бабичева, Н.П. Лукашова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Вып.5/3(41).– 2009. – С.28–32.
11. Есаулов, С.М. Применение эталонной модели для автоматической системы диагностирования оборудования на транспорте. [Текст] / С.М. Есаулов, О.Ф. Бабичева, А.В. Будченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Вып.4/7(40).– 2009. – С.19–22
12. Есаулов, С.М. Дистанционное диагностирование транспортных средств. [Текст] / С.М. Есаулов, О.Ф.

Бабичева, Н.П. Лукашова // Комунальне господарство міст. – Вип. 126. – 2016. – С. 61 – 66

References

1. Shpet, N. A. (2013). Investigation of passenger elevator failures according to exploitation data. *Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Electric power industry*, 323, 4, 123 - 126.
2. Vitchuk, P.V. (2013). Diagnosing the elevator drive. Bulletin of the TSU. Technical science. *Lifting and transporting machines and equipment*, 7, 1, 184 - 194.
3. Shkredov, Yu. A. (2007). Development and implementation of an automated lift dispatching system. *Scientific. notable NSTU*, 1 (26), 193–200.
4. Rules for the Construction and Safe Operation of Elevators (PB 10-558-03). (2004). *Federal State Unitary Enterprise "Scientific and Technical Center for Safety in Industry of the Gosgortekhnadzor of Russia"*, 10., 26.
5. Shkredov, Yu. A. (2009). Development of algorithms for diagnosing a passenger elevator. *Collected Scientific Works of the NSTU*, 4 (58), 11 - 18.
6. Chang Liu, Shu Zhou, Xindong Liu, Can Chen. (2017). The Elevator Fault Diagnosis Method Based on Sequential Probability Ratio Test (SPRT). *Automation, Control and Intelligent Systems*, 5(4), 50 – 55.
7. You Zhoua, Kai Wangb, Hongxia Liua. (2018). An Elevator Monitoring System Based On The Internet Of Things. *Procedia Computer Science* 131, 541 – 544.
8. Esaulov, S.M., Babicheva, O.F., Shavkun, V. M. (2008). Planning of standard model for the system of diagnosticating of equipment on a transport. *East is the European magazine of front-rank technologies*, 6/2(36), 39 – 42.
- 9 CoDeSys PLC Programming User Guide 2.3 Smolensk: PC Prologue, 2008, 452 .
10. Esaulov, S.M., Babicheva, O.F., Lukashova, N.P. (2009). Planning of components for the systems of the automatic di-

agnosticating of transport. *East is the European magazine of front-rank technologies*, 5/3(41), 28 – 32.

11. Esaulov, S.M., Babicheva, O.F., Budchenko, A.V. (2009). Application of standard model for the automatic system of diagnosticating of equipment on a transport. *East is the European magazine of front-rank technologies*, 4/7(40), 19 – 22
12. Esaulov, S.M., Babicheva, O.F., Lukashova, N.P. (2016). Remote vehicle diagnosis. *Municipal economy of cities*, 126, 61–66.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. П. Шпачук, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

Автор: ЄСАУЛОВ Сергій Михайлович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричного транспорту
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – ut9li@ukr.net

Автор: БАБІЧЕВА Ольга Федорівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричного транспорту
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – olgafedorovna@outlook.com

Автор: КОЛЕСНІЧЕНКО Євген Валерійович
студент факультету транспортних систем та технологій
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – olgafedorovna@outlook.com

PRACTICAL APPLICATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC EQUIPMENT OF LIFT EQUIPMENT

S. Yesaulov, O. Babicheva, E. Kolesnichenko

O. M. Beketov National University of Urban Ecnjmy in Kharkov, Ukraine

The methods of collecting and analyzing primary information about possible malfunctions of elevator electro-mechanical equipment are considered. Experimental data and experience of the service of repairing elevators of public utilities allowed obtaining and performing a statistical analysis of the most typical malfunctions of elevator equipment for various purposes. On the basis of the system analysis of the well-known repairs carried out on complex mechatronic equipment, practical techniques for ranking absolutely all faults and elevator equipment components in which these events were recorded are considered. Using the catalogs of commercially available technical means for monitoring technological quantities in real time, the selection of receiving elements, sensors and sensors suitable for the implementation of a technical diagnostics device was made. The use of fault modeling using mathematical descriptions of logical interrelationships of monitored values allows you to specify the choice of means of monitoring technological parameters with a given measurement accuracy, which guarantees the possibility of further comparison of measured values with given intervals of varying them under different operating conditions of mechatronic devices. On the basis of the practical application of the hierarchical structures of individual components of the equipment, the methods of preparing a real list of events for the development of algorithms for diagnosing the required depth are considered. The paper describes an example of the development of a functional integrity scheme that allows you to synthesize logical diagnostic devices of arbitrary structure. An algorithm for identifying events with a diagnostic device is given, the functionality of which the developer can arbitrarily change, taking into account the means used to monitor physical quantities and the requirements for the device for diagnostic control of the entire set of equipment of the mechatronic system. Obtained in the examples of binary codes of possible faults illustrate the possibility of widespread use of similar digital devices based on microcontrollers and logical microassemblies for the implementation of diagnostic control tools in the elevator industry with any terms of their manufacture and operation.

Keywords: elevator, diagnostics, control points, algorithm, event list.