

Ю. В. Щербина, к.т.н., С. Л. Волков, к.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

МАРКІВСЬКА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЯКІСНОГО СТАНУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ

У статті запропонована марківська модель оцінки якісного стану автоматизованих систем контролю і управління. Показано що: джерелом даних для визначення стану автоматизованих систем є інформаційно-вимірвальні системи (ІВС), які є складовими як систем управління, так і систем контролю; оцінка стану системи управління залежить від коректності роботи системи контролю. Визначено, що з урахуванням обмежень на наявність післядії, можливе використання марківського однорідного процесу для побудови моделі якісного стану систем контролю і управління.

Ключові слова: автоматизовані системи контролю та управління, інтелектуальна ІВС, оцінка якісного стану, марківська модель.

Вступ. Глобальна автоматизація всіх сфер виробництва та життєдіяльності людини, яка спостерігається в останні десятиліття ставить задачі якісного функціонування систем і об'єктів автоматизації. Це підвищення вимог до якості відбувається на фоні зростаючої складності автоматичних і автоматизованих систем, що в свою чергу призводить до зменшення їх надійності та ускладнення процесів управління, контролю, діагностики та технічного обслуговування. Забезпечення якості означених процесів є неодмінною складовою підвищення якості системи в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У будь-якому складному технічному або технологічному процесі можна визначити три рівні функціонування: технологічний рівень, на якому визначається коректність протікання технологічних процесів; технічний рівень, на якому через параметри системи визначається наявність відмов її компонентів, і рівень системного управління, на якому виконується контроль протікання технологічних процесів у межах визначених обмежень. На всіх трьох рівнях джерелом даних, на основі обробки яких формуються управлінські рішення, є датчики автоматизованих інформаційно-вимірвальних систем (ІВС) [1, 2]. Сучасні датчики, а відповідно і самі ІВС, є складними апаратно-програмними об'єктами, які працюють застосовуючи елементи штучного інтелекту [3, 4].

Автоматизовані (автоматичні) системи в своїй роботі використовують як ІВС, які забезпечують функціонування технологічних процесів, так і ІВС спеціально призначені для систем контролю. Можна сказати, що від працездатності й якості ІВС залежить якість роботи всієї системи.

Метою статті є визначення моделі оцінки

якісного стану автоматизованих систем контролю і управління в процесі її функціонування.

Викладення основного матеріалу. В якості автоматизованої системи контролю (АСК) ми розумітимемо сукупність засобів, що дозволяють визначити технічний стан об'єкту управління. Оскільки управління передбачає вплив на об'єкт управління для утримання процесів, що у ньому відбуваються у визначених межах, до складу системи управління включають відповідні засоби управління (ЗУ), через які відбувається корекція його поведінки.

Всякий об'єкт управління можна розглядати як об'єкт, що може знаходитись у одному із внутрішніх станів, кожен з яких визначається сукупністю параметрів системи x_1, x_2, \dots, x_n , що впливають на залежності між вхідними і вихідними сигналами об'єкту управління.

Ієрархічна структура сучасних систем автоматизованого контролю будується на основі розподіленого обчислювального процесу, який передбачає розподілення АСК на центральну частину, що контролює весь вимірвальний процес, і локальні її частини, у якості яких виступають системи, побудовані на основі інтелектуальних датчиків.

Ефективне управління об'єктом (якісним станом об'єкту) контролю може здійснюватись на основі точної і своєчасної вимірвальної інформації, джерелом якої є автоматизована система контролю (рис. 1) [5]. Зворотній інформаційний зв'язок по контуру управління здійснюється за допомогою блоку управління (БУ1), який є засобом впливу на об'єкт. Якість визначається за рахунок аналізу реакції об'єкту на відповідні тестові сигнали. На основі аналізу об'єкт може бути визнаний або працездатним, або ні. Тобто, розглядається всього два можливих стани

об'єкту управління [5, 6]. Знаходження об'єкту контролю у першому або у другому стані залежить від коректності роботи АСК. У разі отримання нею недостовірної інформації або її власних помилок, стан об'єкту може бути визначений неправильно. Через це процедура визначення стану об'єкту управління повинна враховувати і достовірність роботи самої системи контролю. Це означає, що крім засобів контролю об'єкту управління, засоби контролю мають бути втілені як в засоби управління так і в саму автоматизовану систему контролю. Будемо вважати, що стан об'єкту контролю визначається автоматизованою системою АСК1, стан роботи, самої системи системою контролю АСК2, а стан роботи

впливу, системою контролю АСК3. Крім того, нехай управління системою АСК1 виконується блоком управління БУ2, блоку управління БУ1 блоком управління БУ3. Таким чином структура технологічного процесу, що підлягає контролю, буде включати три кола управління: коло управління самого об'єкту контролю, коло управління системи контролю і коло управління засобами управління. Звичайно, що останні два кола в сучасних системах реалізуються здебільшого на програмному рівні і, як правило, являють собою періодичні тестові перевірки. Практично, ієрархічні системи такого роду не мають більше двох рівнів, як це показано на рис. 1.

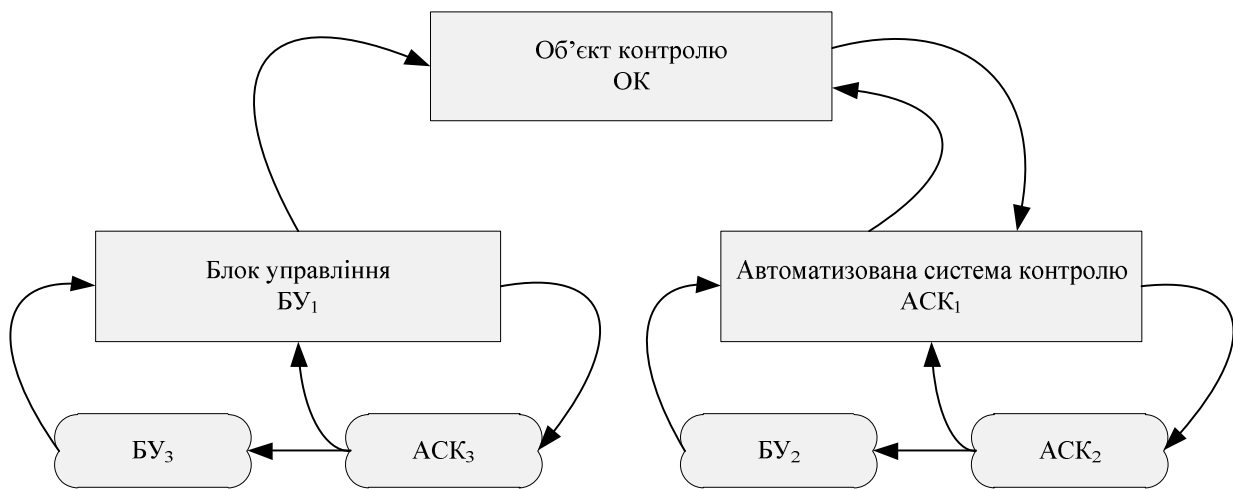


Рисунок 1 – Зв'язок об'єкту контролю з АСК

Для оцінки ймовірності знаходження системи в тому, чи іншому стані найчастіше використовують моделі на основі марківського дискретного процесу [6, 7]. Вибір цього математичного апарату пояснюється тим, що формальна модель повинна бути досить зрозумілою і не повинна бути занадто складною. Однак, згідно [8] інтелектуальні системи – це немарківські системи, які характеризуються наявністю післядії. В нашому випадку застосування марківської моделі стає можливим, оскільки розглядаються тільки два варіанти стану, кожен з яких у даний момент залежить виключно від попереднього її стану і не залежить від усіх інших станів [6].

Як було показано вище, у структурі наведеній на рис. 1 кожна із складових її об'єктів може бути в одному зі станів: працездатному або – ні. Усі можливі комбінації цих станів і є можливими станами системи. Для визначення ймовірностей знаходження у кожному з них при дискретному марківському процесі використовують умовні

ймовірності переходу із i -го того у j -тий стан P_{ij} . Щоб задати таку модель, визначають початкові ймовірності $P_i(0)$ знаходження системи у кожному із N станів

$$\|P_i(0)\| = \|P_1(0), P_2(0), \dots, P_i(0), \dots, P_N(0)\|,$$

а умовні ймовірності переходів зі стану у стан визначають матрицею

$$\|P_{ij}(l)\| = \begin{pmatrix} P_{11}(l) & P_{12}(l) & \dots & P_{1N}(l) \\ P_{21}(l) & P_{22}(l) & \dots & P_{2N}(l) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{N1}(l) & P_{N2}(l) & \dots & P_{NN}(l) \end{pmatrix},$$

$$\text{де } \sum_{i=1}^N P_{ij}(l) = 1.$$

Таким чином, після першого етапу управління якістю ймовірність знаходження системи у

j -му стані $P_j(1)$, якщо спочатку вона знаходилась в якомусь i -му стані, буде визначатись співвідношенням

$$P_j(1) = \sum_{i=1}^N P_{ij}(1)P_i(0),$$

де $P_i(0)$ – початкова імовірність знаходження системи в i -му стані, а після другого етапу ймовірність $P_j(2)$ буде визначатись величиною

$$P_j(2) = \sum_{i=1}^N P_{ij}(2)P_i(1) = \sum_{i=1}^N P_{ij}(2) \sum_{k=1}^N P_{ki}(1)P_k(0).$$

Нарешті, після l -го етапу ймовірність $P_j(l)$ буде визначатись величиною

$$\begin{aligned} P_j(l) &= \sum_{i=1}^N P_{ij}(l)P_i(l-1) = \\ &= \sum_{i=1}^N P_{ij}(l) \dots \sum_{k=1}^N P_{ki}(1)P_k(0). \end{aligned}$$

Таким чином, для однорідного марківського процесу, коли $P_{ij}(l) = P_{ij}$, через величини початкових ймовірностей станів системи $P_i(0)$ і умовних ймовірностей переходів зі стану у стан P_{ij} , можна знайти ймовірність перебування системи у кожному її стані, на будь-якому етапі управління, використовуючи для простоти метод Z -перетворень [5].

Цей алгоритм передбачає створення матриці

$$\|I - ZP\| = \begin{vmatrix} 1 - P_{11}Z & -P_{12}Z & \dots & -P_{1N}Z \\ -P_{21}Z & 1 - P_{22}Z & \dots & -P_{2N}Z \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -P_{N1}Z & -P_{N2}Z & \dots & 1 - P_{NN}Z \end{vmatrix},$$

$$\text{де } I = \begin{vmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{vmatrix}.$$

Виконуючи над елементами матриці $(I - ZP)$ відповідні лінійні перетворення, отримаємо систему рівнянь

$$\begin{aligned} x_1 &= (1 - P_{11}Z)y_1 - P_{12}Zy_2 - \dots - P_{1N}Zy_N; \\ x_2 &= -P_{21}Zy_1 - (1 - P_{22}Z)y_2 - \dots - P_{2N}Zy_N; \end{aligned}$$

$$\dots \dots \dots$$

$$x_N = -P_{N1}Zy_1 - P_{N2}Zy_2 - \dots + (1 - P_{NN}Z)y_N.$$

Далі, вирішивши її, відносно невідомих y_1, y_2, \dots, y_N , отримаємо рівняння

$$y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1N}x_N;$$

$$y_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2N}x_N;$$

$$\dots \dots \dots$$

$$y_N = a_{N1}x_1 + a_{N2}x_2 + \dots + a_{NN}x_N.$$

Потім, з урахуванням коефіцієнтів при x , утворюється обернена матриця $(I - ZP)^{-1}$

$$(I - ZP)^{-1} = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{NN} \end{vmatrix}.$$

Виконавши обернене перетворення кожного елемента матриці $(I - ZP)^{-1}$, отримаємо матрицю $H(l)$.

$$\|H(l)\| = \begin{vmatrix} a_{11}(l) & a_{12}(l) & \dots & a_{1N}(l) \\ a_{21}(l) & a_{22}(l) & \dots & a_{2N}(l) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1}(l) & a_{N2}(l) & \dots & a_{NN}(l) \end{vmatrix}.$$

Звідси отримаємо вектор-рядок кінцевих перетворень, який матиме вигляд

$$\begin{aligned} P(l) &= \|P_1(0), P_2(0), \dots, P_N(0)\| \|H(l)\| = \\ &= \|P_1(0), P_2(0), \dots, P_N(0)\| \times \\ &\times \begin{vmatrix} a_{11}(l) & a_{12}(l) & \dots & a_{1N}(l) \\ a_{21}(l) & a_{22}(l) & \dots & a_{2N}(l) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1}(l) & a_{N2}(l) & \dots & a_{NN}(l) \end{vmatrix}. \end{aligned}$$

Можливість знаходження системи у j -му стані після l -го кроку управління буде визначатись, як

$$P_j(l) = a_{1j}(l)P_1(0) + a_{2j}(l)P_2(0) + \dots + a_{Nj}(l)P_N(0).$$

У стаціонарному режимі, що встановлюється після великої кількості кроків управління, ця ймовірність не залежить від номеру кроку $P_{ij}(l) = P_{ij}$, при $l \rightarrow \infty$. Її можна визначити через

1973. – 231 с.

Надійшла до редакції 20.11.2017

8. Чечкин А. В. Слабо формальные системы / А. В. Чечкин // Интеллектуальные системы. – М.: Изд. МГУ, 2007. – Том 11. – Вып. 1-4. – С. 137–158.

Рецензент: д.т.н., доц. Казакова Н. Ф. Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса.

Ю. В. Щербина, к.т.н., С. Л. Волков, к.т.н.

МАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

В статье предложена марковская модель оценки качественного состояния автоматизированных систем контроля и управления. Показано что: источником данных для определения состояния автоматизированных систем выступают информационно-измерительные системы (ИИС), которые являются составляющими как систем управления, так и систем контроля; оценка состояния системы управления зависит от корректности работы системы контроля. Определено, что с учетом ограничений на наличие последействия, возможно использование марковского однородного процесса для построения модели качественного состояния систем контроля и управления.

Ключевые слова: автоматизированные системы контроля и управления, интеллектуальная ИИС, оценка качественного состояния, марковская модель.

Yu. V. Scherbina, PhD, S. L. Volkov, PhD

MARKOV MODEL OF ASSESSMENT OF THE QUALITY STATE OF AUTOMATED CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS

The article proposes a Markov model for assessing the qualitative state of automated control and management systems. It is shown that: the source of data for determining the state of automated systems are information and measuring systems (IMS), which are components of both control and management systems; assessment of the state of the management system depends on the correct operation of control system. It is determined that, considering the limitations on the presence of aftereffects, it is possible to use the Markov homogeneous process to construct a model of the qualitative state of control and management systems.

Keywords: automated control and management systems, intelligent IMS, qualitative state estimation, Markov model.

УДК 629.42:620.179

А. И. Ваганов, д.т.н., С. В. Добровольская, Л. М. Возикова

Одесская государственная академия технического регулирования и качества.

ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В статье проведен анализ существующего состояния обеспечения предприятий железнодорожного транспорта современными средствами контроля и диагностики подвижного состава, проблемных вопросов обеспечения безопасности движения, внедрения современных, эффективных систем контроля и технической диагностики состояния узлов и деталей подвижного состава. Предложен комплекс мер по улучшению качества метрологического обеспечения процессов ремонта подвижного состава.

Ключевые слова: подвижной состав, безопасность движения, техническая диагностика, ремонт, техническое обслуживание.

Введение

На железнодорожном транспорте вопросы безопасности движения являются приоритетны-

ми и требуют выполнения работ по ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава и объектов железнодорожной инфраструктуры