

УДК 681.5.004.5:656.2

Ланко А.О., асистент УкрДАЗТ

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ПРИЗНАЧЕННЯ ПЛАНОВО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СТАНЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Вступ. Технічне обслуговування (ТО) станційних пристроїв залізничної автоматики (ЗА) базується на планово-профілактичній стратегії [1]. Сучасний стан в ТО станційних пристроїв ЗА характеризується непродуктивними витратами часу, ресурсів, великим відсотком експлуатаційних відмов. Вирішення цієї проблеми можливо за допомогою застосування іншої стратегії ТО, зокрема по фактичному стану [2–5]. Однак практичне застосування названої стратегії ТО, для станційних пристроїв ЗА, буде мати ряд особливостей, які насамперед пов'язані з самими пристроями, динамікою їх роботи та розташуванням.

Стратегія ТО по фактичному стану передбачає своєчасне відновлення справності у випадку появи пошкоджень, яка ще не призвела до втрати працездатності. Прийняття рішення про призначення відновлення справності є результатом аналізу даних технічної діагностики, що характеризують фактичний стан пристроїв в реальному часі. Частка планово-профілактичних робіт (ППР), метою яких є визначення стану пристроїв обслуговуючим персоналом, суттєво зменшується. Отже, планово-відновлювальні роботи (ПВР), стають основною складовою процесу ТО. Попереджувальний характер цих робіт, достовірні терміни їх виконання та залучення до їх реалізації висококваліфікованих фахівців, дозволять поліпшити експлуатаційні показники системи ТО станційних пристроїв ЗА. Відмови, що виникли раптово, усуваються шляхом аварійно-відновлювальних робіт (АВР).

Постановка та обґрунтування задачі. Відомо, що стан пристрою можна визначити за значенням його параметрів [6, 7]. Множина станів S складається з працездатних S_{Π} та непрацездатних станів $S_{\text{нп}}$ – $S = S_{\Pi} \cup S_{\text{нп}}$. Причому до множини S_{Π} входять справні та несправні, але працездатні стани – $S_{\Pi} = S_{\text{с}} \cup S_{\text{нс}}$, а до множини $S_{\text{нп}}$ граничні та інші несправні стани – $S_{\text{нп}} = S_{\text{г}} \cup S_{\text{нс}}$ [7, 8].

Отже постає задача пошуку узагальнюючого параметра, для кожного з станційних пристроїв ЗА та передкритичного рівня $\eta_{ПК}$ (рівня працездатності) і рівня непрацездатності $\eta_{НП}$. Рівень $\eta_{НП}$ визначається окремо для кожного пристрою виходячи з аналізу функціонування. Узагальнюючим є параметр, який максимально характеризує стан пристрою в усіх режимах роботи. При неможливості задовольнити таку умову, проводиться пошук узагальнюючого параметра для кожного з режимів.

Визначення передкритичного рівня. Для визначення передкритичних рівнів узагальнюючих параметрів була використана теорема про поглинаючі екрани [5], що дало змогу отримати наступне слідство. Припущенням є те, що контроль за параметрами проводиться безперервно ($\Delta t_k \rightarrow 0$), а зміни їх значень підпорядковані нормальному закону розподілу зі зміною математичного очікування та дисперсії в часі, за будь-якими законами. За допомогою отриманого слідства побудована математична модель визначення передкритичних рівнів зміни узагальнюючого параметру:

$$\eta_{ПК} = \frac{\sigma(t_1)}{\sigma(t_2)} \times (\eta_{НП} - m(t_2)) + m(t_1), \quad (1)$$

де $m(t_1)$, $m(t_2)$ – математичне очікування значення параметру η в момент t_1 та t_2 , відповідно;

$\sigma(t_1)$, $\sigma(t_2)$ – дисперсія параметру η в момент t_1 та t_2 , відповідно.

Вираз (1) також можна назвати моделлю зупинки експлуатації.

Метод визначення оптимального часу призначення ПВР ТО станційних пристроїв ЗА. Метод визначення оптимального часу призначення ПВР ТО станційних пристроїв ЗА згідно їх фактичного стану полягає в наступному:

– визначаються закони зміни математичного очікування значення узагальнюючого параметру та його дисперсії в часі ($m(t)$ та $\sigma(t)$);

– визначається нормативний час $t_{НПВР}$, який необхідний на виконання ПВР з ТО час на підготовку до виконання $t_{П}$;

– для $m(t)$ узагальнюючого параметру η визначається довірча межа $\bar{h} = F(t, m(t), \sigma(t), t_{НПВР}, t_{П})$. Нижня межа h'' – для спадаючого процесу, верхня межа h' – для зростаючого. До визначеної довірчої межі застосовується правило зупинки експлуатації (1), в наслідок чого визначається передкритичний рівень як функція: $\eta_{ПК} = F(t, \bar{h}, \sigma(t), t_{НПВР}, t_{П}, \eta_{НП})$, за умов $(t_1 - t_2) \leq (t_{НПВР} + t_{П})$; $\eta_{НП} = \text{const}$;

– визначається момент, коли параметр η перетне $\eta_{\text{ПК}}(t)$, який і стане оптимальним часом призначення ПВР з ТО.

Друге отримане слідство дає змогу прогнозувати стан по часу настання відмови. Це слідство можна застосовувати для пристроїв, які не мають постійного контролю за параметрами, а зміна параметру підпорядкована ступеневому поліному виду $\eta(t) = \eta_A t^2 + \eta_B t + \eta_C$:

$$t_{\text{ВП}} = \frac{-(A \times \sigma_B + m_B) + \sqrt{(A \times \sigma_B + m_B)^2 - 4(A \times \sigma_A + m_A) \times (\sigma_C + m_C - \eta_{\text{ПК}})}}{2(A \times \sigma_A + m_A)},$$

де $t_{\text{ВП}}$ – час відмови за прогнозом; $A = \frac{\eta_{\text{ПК}} - m_A t_1^2 - m_B t_1 - m_C}{\sigma_A t_1^2 + \sigma_B t_1 + \sigma_C}$.

Для запропонованого методу визначення оптимального часу призначення ПВР ТО станційних пристроїв ЗА також пропонується методика оперативного управління процесом ТО. В конкретному станційному пристрої ЗА виділяються елементи та їх параметри по значенням яких можна визначити стан пристрою в цілому. Елементи ранжируються в дві групи згідно з стратегіями по фактичному стану та планово-профілактичній. В першу – входять елементи, параметри яких можливо безперервно автоматично контролювати, а в другу – всі інші. Для першої групи визначаються $\eta_{\text{ПК}}$ та $t_{\text{Н ПВР}} + t_{\text{П}}$, а для другої – $\tau_{\text{ТО}}$. В момент настання відповідних подій призначаються роботи ТО та розраховується вірогідність виконання цих робіт за формулою [9]:

$$P(t < t_H) = \Phi\left(\frac{t_H - m}{\sigma}\right) + 0,5,$$

де t_H – нормативний термін виконання роботи ТО; m – математичне очікування часу виконання комплексу робіт; σ – середнє квадратичне відхилення часу виконання комплексу робіт; Φ – функція Лапласа.

У випадку, коли вірогідність виконання комплексу робіт менше припустимої, то збільшується кількість виконавців, чим зменшується m , або коректується $\tau_{\text{ТО}}$ згідно існуючих норм.

Застосування методу. Для подальшого дослідження запропонованих заходів було проведено аналіз роботи станційної ізольованої секції. В результаті з'ясовано, що станційна ізольована секція має вісім стійких станів (рис. 1). Відомо, що узагальнюючим параметром в

рейковому колі (РК), як складовому елементі станційної ізольованої секції, є напруга на колійному приймачі $U_{\text{КП}}$ і на яку впливає багато зовнішніх дестабілізуючих факторів.

Аналіз експлуатаційних відмов РК, за даними АРМ-ШЧД служби Ш Південної залізниці, показав, що у 32,53% випадках відбувається поступова зміна властивостей елементів у часі, тобто відбувається процес накопичення несправностей. Раптовий характер зафіксовано у 51,95% випадках. Інші складові експлуатаційних відмов: вплив обслуговуючого персоналу – 3,51%, причину не встановлено – 12,01%.

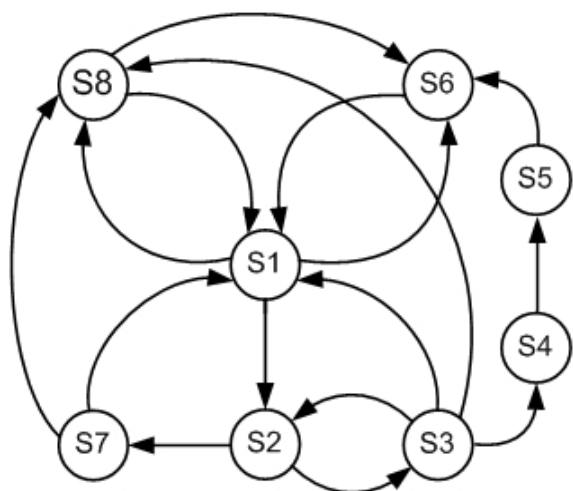
Стратегію по фактичному стану можливо застосувати для першого випадку, тобто для “поступових” відмов. Причинами таких відмов у РК є: збільшення опору стикових з’єднувачів та дросельних перемичок, їх обрив; зменшення опору ізоляції рейкової лінії; збільшення перехідних опорів в місцях з’єднань; зменшення опору ізоляції кабельної лінії.

Для визначення закону зміни математичного очікування $U_{\text{КП}}$ та її дисперсії у часі, було проведене математичне моделювання. В класичну модель РК [10] були додані елементи, що дозволили врахувати вплив вище наведених причин. Моделювання проводилось для РК по нормалі РЦ25-ДСШ15-ЭТ00-С-93. При моделюванні роботи РК було визначено, що математичне очікування та дисперсія $U_{\text{КП}}$ на протязі року змінюються за наступними залежностями:

$$U_{\text{КП}}(t) \begin{cases} m(t) = 21,8 \times e^{0,000068 \times t}, \\ \sigma(t) = 0,095 \times e^{0,00042 \times t}, \end{cases}$$

В результаті застосування (1) до отриманих законів розподілу $m(t)$ та $\sigma(t)$ $U_{\text{КП}}$, зі значеннями $t_{\text{НПВР}} + t_{\text{П}} = 24$ год, $U_{\text{НП}} = 11,9$ В, були отримані залежності, що представлені на рис. 2. Залежності добре узгоджуються як с теоретичними, так і з експериментальними даними.

Експериментальне дослідження стрілочних переводів за даними роботи АРМ електромеханіка з ТО станційних пристроїв ЗА ст. Нова Баварія Південної залізниці показало, що час переведення ($t_{\text{Пер}}$) є одним з показників стану.



Номер стану	Характеристика стану
S1	Станційна ізольована секція вільна та незамкнена у маршруті, напруга на колійному релеу у зоні справності
S2	Вільна й замкнена у маршруті
S3	Зайнята й замкнена у маршруті
S4	Хибна з аїнятість у маршруті
S5	Хибна з аїнятість у маршруті, знаходиться у стані штучного розмикання
S6	Хибна з аїнята не у маршруті
S7	Вільна й замкнена у маршруті, знаходиться у стані штучного розмикання
S8	Станційна ізольована секція вільна та незамкнена у маршруті, напруга на колійному реле у зоні несправності

Рисунок 1 - Граф станів станційної ізольованої секції

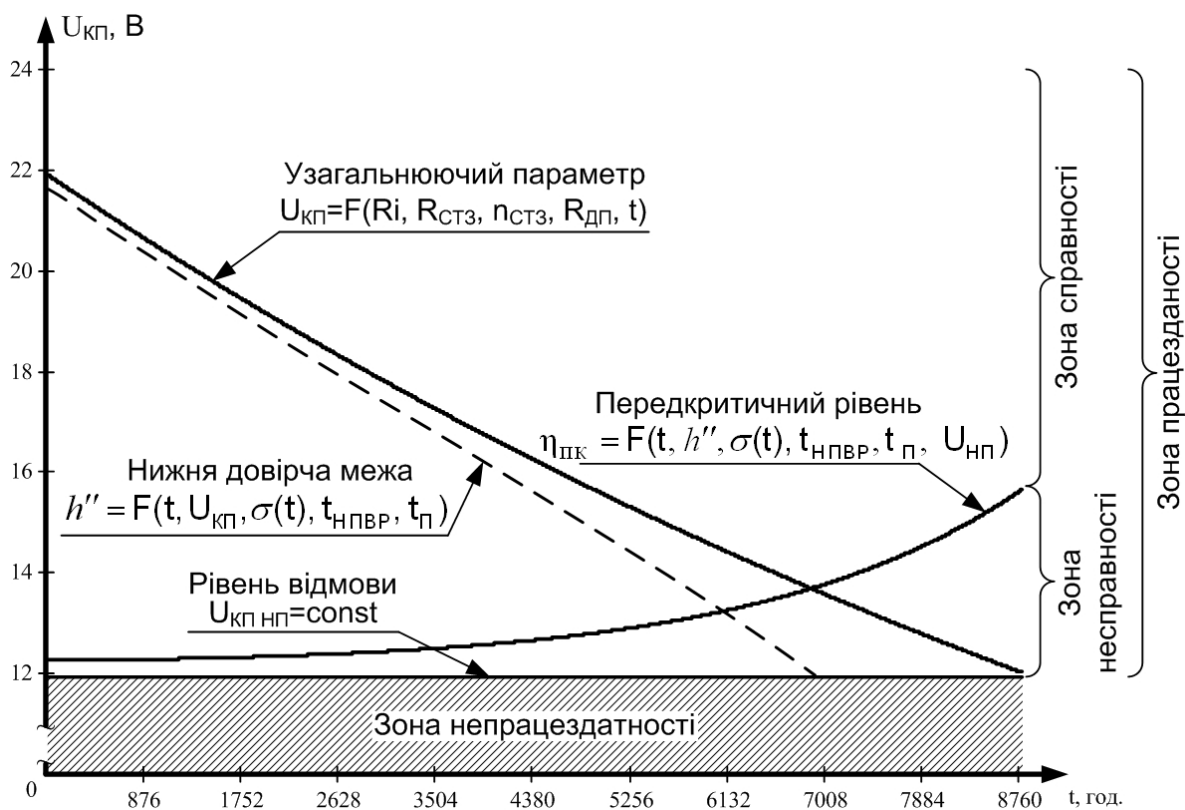


Рисунок 2 - Результати моделювання роботи РК

Отримані експериментальні дані $t_{Пер}$ поодинокого стрілочного переводу апроксимовані залежностями:

$$t_{\text{Пер}}(t) \begin{cases} m(t) = 0,0564 \times t^2 + 0,5827 \times t + 4692,3; \\ \sigma(t) = 0,006 \times t + 82; \end{cases}$$

Гіпотеза була перевірена за допомогою критерію погодження Пірсона. З'ясовано, що при автоматичному контролі $t_{\text{Пер}}$ до стрілочного переводу можна застосувати стратегію по фактичному стану та запропонований метод (рис. 3). Збільшення $t_{\text{Пер}}$, відбувається в результаті забруднення та відсутність змащення стрілочних подушок, невідповідного затягування болтів в корні вістряка, що призводить до його пружності.

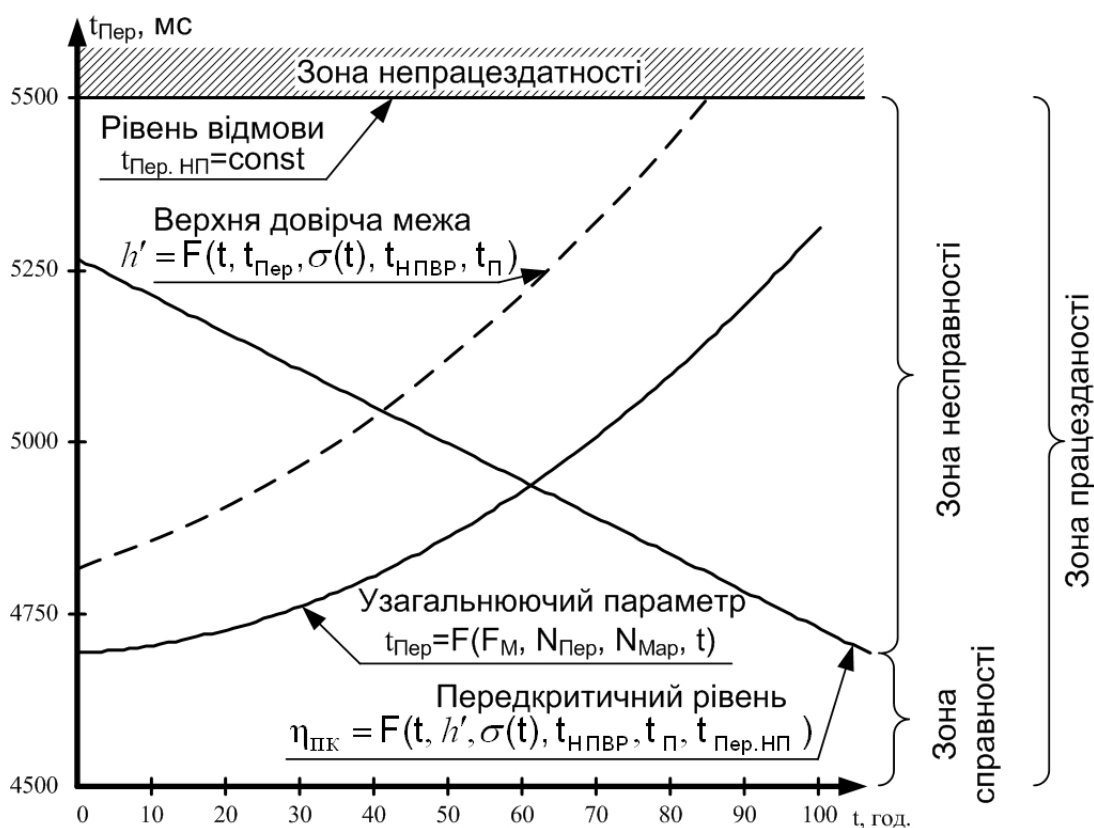


Рисунок 3 - Експериментальні дані по роботі стрілочного переводу

Висновки. В результаті проведених досліджень з'ясовано, що до окремих станційних пристроїв ЗА можливе застосування стратегії ТО по фактичному стану. Запропонована модель зупинки експлуатації дозволить підвищити експлуатаційну надійність станційних пристроїв ЗА шляхом проведення ПВР, які відповідно мають попереджувальний характер.

Отриману модель доцільно використовувати в автоматизованих робочих місцях обслуговуючого персоналу, які в такому випадку стають засобами реалізації стратегії ТО по фактичному стану [11].

Список літератури

1. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ). ЦШЕОТ–0012. –Київ: друк. ПЗЗ, 1998. –72 с.
2. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики: Учеб. пособие для вузов ж.д. трансп. /Вл.В. Сапожников. Л.И. Борисенко, А.А. Прокофьев. А.И. Каменев. Под ред. Вл.В. Сапожникова. –М.: Маршрут, –2003. –336 с.
3. Родионов Ю.Н. Планово-предупредительный ремонт устройств СЦБ. “Автоматика телемеханика и связь” №4, 1998. 18-22 с.
4. Пальчик Л.В., Швалов Д.В. Автоматизация процессов определения технического состояния устройств электрической централизации. “Автоматика, связь, информатика” №5, 2000. 15-16 с.
5. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. –М.: Транспорт, 1980, –229 с.
6. Дмитренко И.Е. Техническая диагностика и автоконтроль систем железнодорожной автоматики и телемеханики. –М.: Транспорт, 1986. 144 с.
7. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Основы технической диагностики: Учебное пособие для студентов вузов ж-д. транспорта. –М.: Маршрут, 2004.-318 с.
8. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
9. Е.С. Венцель. Исследование операций. –М.: Советское радио, 1972, –388 с.
10. Аркатов В.С., Котляренко Н.Ф., Баженов А.И. Рельсовые цепи магистральных железных дорог. Справочник. 2-изд., перераб. и доп. –М.: Транспорт, 1992. 384 с.
11. Мороз В.П. Лапко А.А. Анализ функциональных возможностей автоматизированных рабочих мест дистанции сигнализации и связи. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті №5 2000. 84-90 с.