

Л. В. ПЕТРОВИЧ, С. М. ГОЛІК (ДІТ)

ВИКОРИСТАННЯ ГРАФ-МОДЕЛЕЙ У ЗАДАЧАХ ДІАГНОСТУВАННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ В КОЛАХ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОВОЗА ЧС7

Наведено пропозиції щодо модернізації бортових діагностичних пристроїв електровоза ЧС7 на підставі використання граф-моделей електричних кіл управління для розрахунку мінімальної кількості і місця розташування контрольних точок.

Предложен вариант модернизации бортовых диагностических устройств электровоза ЧС7 на основе использования граф-моделей электрических цепей управления для расчета минимального количества и места расположения контрольных точек.

A modernization option of onboard test units of the electric locomotive ChS7 on the basis of use of control electric circuits flow-charts for calculation of the minimal number and location of the control points has been proposed in the article.

Залізничний транспорт України займає провідне місце в єдиній транспортній системі країни. Важливу роль він відіграє у перевезенні пасажирів, приймаючи на себе велику частку всього пасажиропотоку, який розподіляється між всіма видами транспорту. Для задоволення потреб населення у перевезеннях необхідно перш за все забезпечити безпеку руху поїздів та комфортність пасажирів. Все це вимагає ефективного використання технічних засобів, підвищення якості обслуговування пасажирів і поліпшення експлуатації та ремонту рухомого складу, зниження собівартості перевезень та відшукування резервів для виконання цих завдань.

На електрифікованих залізницях СНД і України в пасажирському русі широко використовуються електровози постійного струму серії ЧС7 виробництва фірми Шкода (Чехія).

У інвентарному локомотивному парку Укрзалізниці на даний час знаходиться близько 60 електровозів ЧС7.

На електровозах даної серії для полегшення пошуку відмов у електричних колах управління локомотивними бригадами чи ремонтним працівниками передбачено бортовий засіб технічного діагностування «ПУМ-Шкода» типу 2KSL1.

Використання цього діагностичного пристрою сприяє зменшенню кількості непланових ремонтів, внаслідок покращення якості перевірки рухомого складу під час проведення технічного обслуговування та ремонту. Також знижується кількість аварійних зупинок поїздів на перегонах, затримок відправлення поїздів тощо, які викликані неспроможністю локомотивної бригади відшукати та

усунути несправність, яка виникла в низьковольтних колах електровоза. Таким чином, дані переваги сприяють зменшенню втрат, що несе Укрзалізниця через потребу виконання непланових ремонтів тягового рухомого складу та порушення графіка руху.

Проте, крім наведених переваг, засіб технічного діагностування «ПУМ-Шкода» типу 2KSL1 має певні недоліки. Даний пристрій дозволяє перевіряти низьковольтні кола лише під час стоянки електровоза та при відсутності струму в його електричних колах, що перешкоджає слідкуванню за станом кіл управління під час руху. Крім того, панель керування знаходиться в машинному відділенні, що викликає незручності в експлуатації. Слід додати, що під час аналізу технічного стану бортових діагностичних пристроїв «ПУМ-Шкода» типу 2KSL1 на електровозах ЧС7 серій 82E1...82E8 було виявлено, що на даний час ці пристрої знаходяться в несправному стані або взагалі демонтовані.

На підставі вищесказаного пропонується під час проведення капітального ремонту з подовженням ресурсу електровозів ЧС7 заводського типу 82E1...82E8 встановити діагностичні пристрої, які б забезпечили здатність безперервного контролю за станом низьковольтних кіл управління основними електричними апаратами електровоза з можливістю якнайшвидшого виявлення місця обриву чи короткого замикання в даних електричних колах.

Для розробки діагностичних пристроїв необхідно визначити кількість і місце розташування контрольних точок, які необхідні для локалізації несправностей та забезпечення стику-

вання пристрою з об'єктом діагностування, тобто електричним колом. З цією метою скористаймося методикою визначення і мінімізації контрольних точок, що наведена у [1].

Низьковольтні електричні кола електровоза ЧС7 можуть бути класифіковані як об'єкти з дискретним принципом дії, процеси функціонування яких можуть бути виражені певною зміною деяких кодових комбінацій. Для елементів цих кіл справедливе співвідношення

$$m_i^{\text{вих}} = F_i(m_i^{\text{вх}}; m_i^{\text{вн}}), \quad (1)$$

де $m_i^{\text{вих}}$ – вихідний параметр i -го елемента; $m_i^{\text{вх}}$ – вхідний параметр i -го елемента; $m_i^{\text{вн}}$ – внутрішній параметр i -го елемента; F_i – правило перетворення вхідного параметра у вихідний при заданих значеннях внутрішнього параметра.

Вхідні та вихідні параметри можна визначити за напрямом поширення потенціального сигналу.

Якщо елемент i зв'язаний з елементом j та можна знехтувати завадами, то повинно бути справедливо:

$$m_i^{\text{вих}} = m_j^{\text{вх}}. \quad (2)$$

Кожен стан електричної схеми повинен розрізнятися на деякій сукупності контрольних точок без безпосереднього контролю внутрішніх параметрів елементів.

Внутрішні параметри призначаються залежно від типу елемента. Основними елементами низьковольтних кіл управління електровоза ЧС7 є блок-контакти, для яких внутрішніми параметрами є провідність у двох граничних випадках – нуль та безмежність. У випадку несправності будь-якого елемента на його виході може бути зафіксована або «константа 1» або «константа 0». До такого роду несправностей відносяться: коротке замикання, обрив кола і несправності, які призводять до них, наприклад, заїдання або псування рухомої частини електромагнітного реле.

Для визначення кількості та місця розташування контрольних точок Представимо структуру електричного кола управління певним апаратом за допомогою граф-моделі, яка складена з скінченної множини потужністю η елементів

$$N = \{ n_1, n_2, \dots, n_\eta \}.$$

Якщо множину N розбити на підмножини $N_1 \subset N, N_2 \subset N, \dots, N_\gamma \subset N$, причому для будь-яких $N_i N_j$

$$\bigcap_{\substack{i=1; j=1 \\ i \neq j}}^{\gamma} N_i N_j = \emptyset, \quad (3)$$

то отримаємо скінченну множину потужністю γ гілок граф-моделі

$$Q = \{ N_1, N_2, \dots, N_\gamma \}.$$

Ці гілки породжують структуру електричного кола, перетинаючись між собою в певних вузлах. Сукупність вузлів буде визначена множиною P потужністю σ

$$P = \{ p_1, p_2, \dots, p_\sigma \}.$$

Необхідно визначити потужність χ множини T контрольних точок

$$T = \{ t_1, t_2, \dots, t_\chi \}.$$

Потужність множини контрольних точок визначається за формулою

$$\chi = \sigma + \eta - \gamma. \quad (4)$$

Вихідну кількість контрольних точок χ можна зменшити. Розглянемо процес мінімізації з використанням орієнтованого графа, вершинами якого є всі контрольні точки, які визначені за (4), а кожна дуга – це деякий елемент електричного кола. Напрямок дуги відповідає напрямку руху сигналу від входу елемента до його виходу. Кожній вершині графа відповідає число вихідних параметрів, яке рівне кількості вхідних дуг. Внутрішні параметри ідентифікуються тільки з дугами. Через вихідні параметри опосередковано оцінюються внутрішні параметри елементів електричного кола. Тому скороченню підлягають вершини графа, які входять у підмножину $T_1 \subset T$

$$T_1 = \{ t/t \in T, \Gamma t \cup \Gamma^{-1} t \neq \emptyset; [\mu_1 \geq 2] \vee [\mu_{-1} \geq 2] \}, \quad (5)$$

де μ_1 – потужність Γt ; μ_{-1} – потужність $\Gamma^{-1} t$, тобто ті вершини, які вище були класифіковані як вузли. За винятком тих вершин, котрі відповідають точкам подачі впливів в електричному колі. Звідси, першим обмеженням є заборона скорочення контрольних точок, що належать елементам впливу. Також не підлягає

ють скороченню контрольні точки, які забезпечують перевірку «землі» у однопровідних електричних схемах.

Мінімально можлива кількість контрольних точок в електричному колі, що підлягає контролю, може бути визначена на підставі (4) як:

$$\chi_{\min} = \sigma + \eta - \gamma - \sigma_1, \quad (6)$$

де σ_1 – потужність підмножини T_1 , елементи якої відповідають умові (5), і тому виключаються з врахуванням обмежень.

На підставі описаної моделі було розроблено граф-моделі електричних кіл управління швидкодіючим вимикачем (рис. 1) і електропневматичними вентилями приводу про-

міжного контролера першої секції електровоза ЧС7 (рис. 2) та визначено мінімальну кількість та місце розташування контрольних точок. Ці точки на рисунках позначені чорними крапками з суцільними пронумерованими стрілками.

Наприклад, у колі котушки контактора 479 управління швидкодіючим вимикачем – точки 5, 8, 26 і 38. У колі утримуючої котушки швидкодіючого вимикача – 5, 8, 18 і 33. Дані контрольні точки необхідно зв'язати із світлодіодами, які будуть знаходитися на спеціальній панелі в кабіні машиніста, по аналогії з діагностичним пристроєм застосованим на електровозах ЧС7 серії 82Е9.

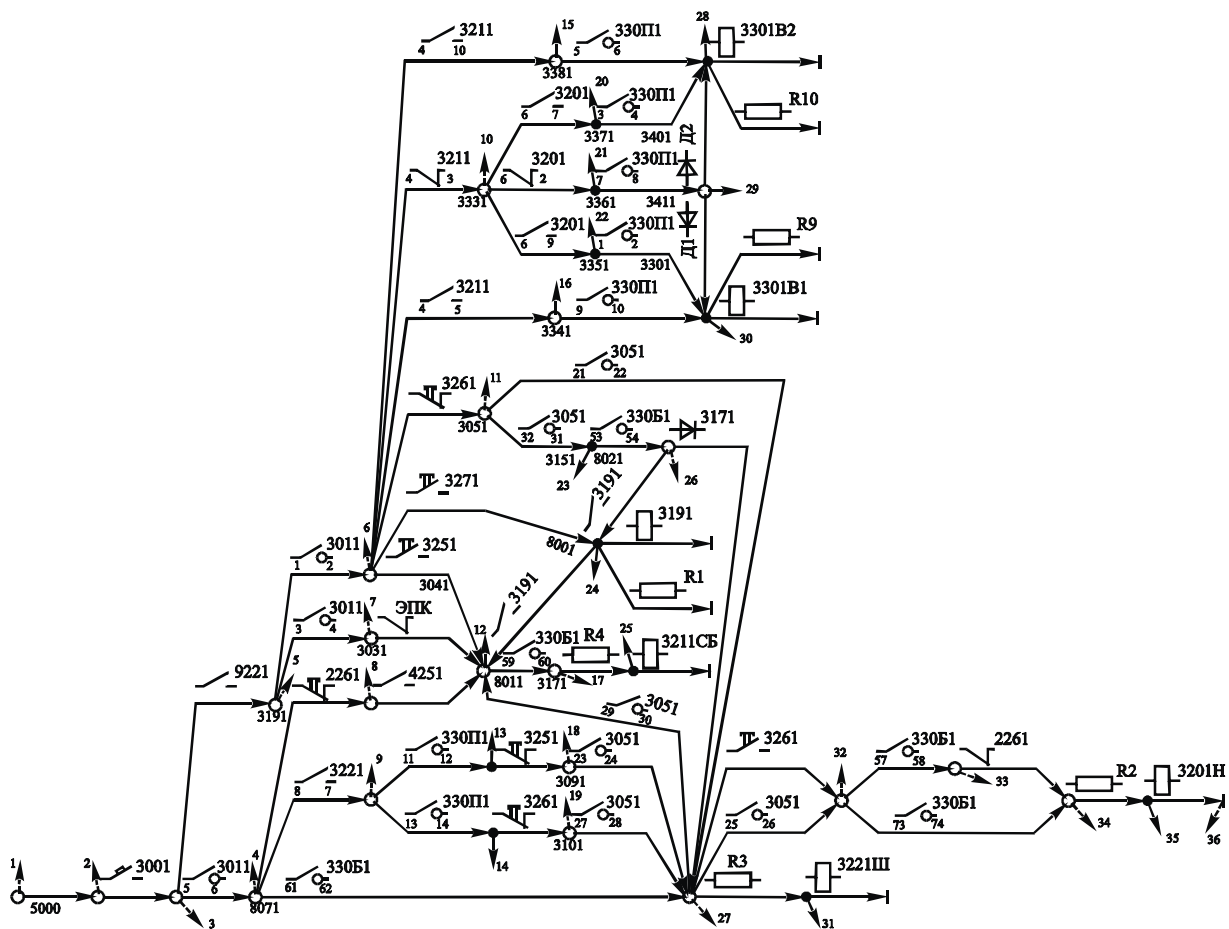


Рис. 1. Граф-модель електричних кіл управління швидкодіючим вимикачем електровоза ЧС7

Граф-моделі схеми кіл управління електровоза зображені у вигляді ліній, над якими наведено умовне позначення елемента згідно з принциповою схемою. Проводи, що з'єднують елементи умовно показані крапками з номерами відповідно до принципової електричної схеми. Напрямок розподілу потенціалу і протікання струму вказано стрілками з врахуванням взаємодії апаратів кіл управління при їх

спрацюванні. Раніше подібна методика побудови граф-моделей використовувалась в цілях діагностування кіл управління електровоза ВЛ80^К [2].

Крім того граф-моделі електричних кіл можуть бути використані для побудови програм пошуку несправностей локомотивними бригадами і ремонтними працівниками.

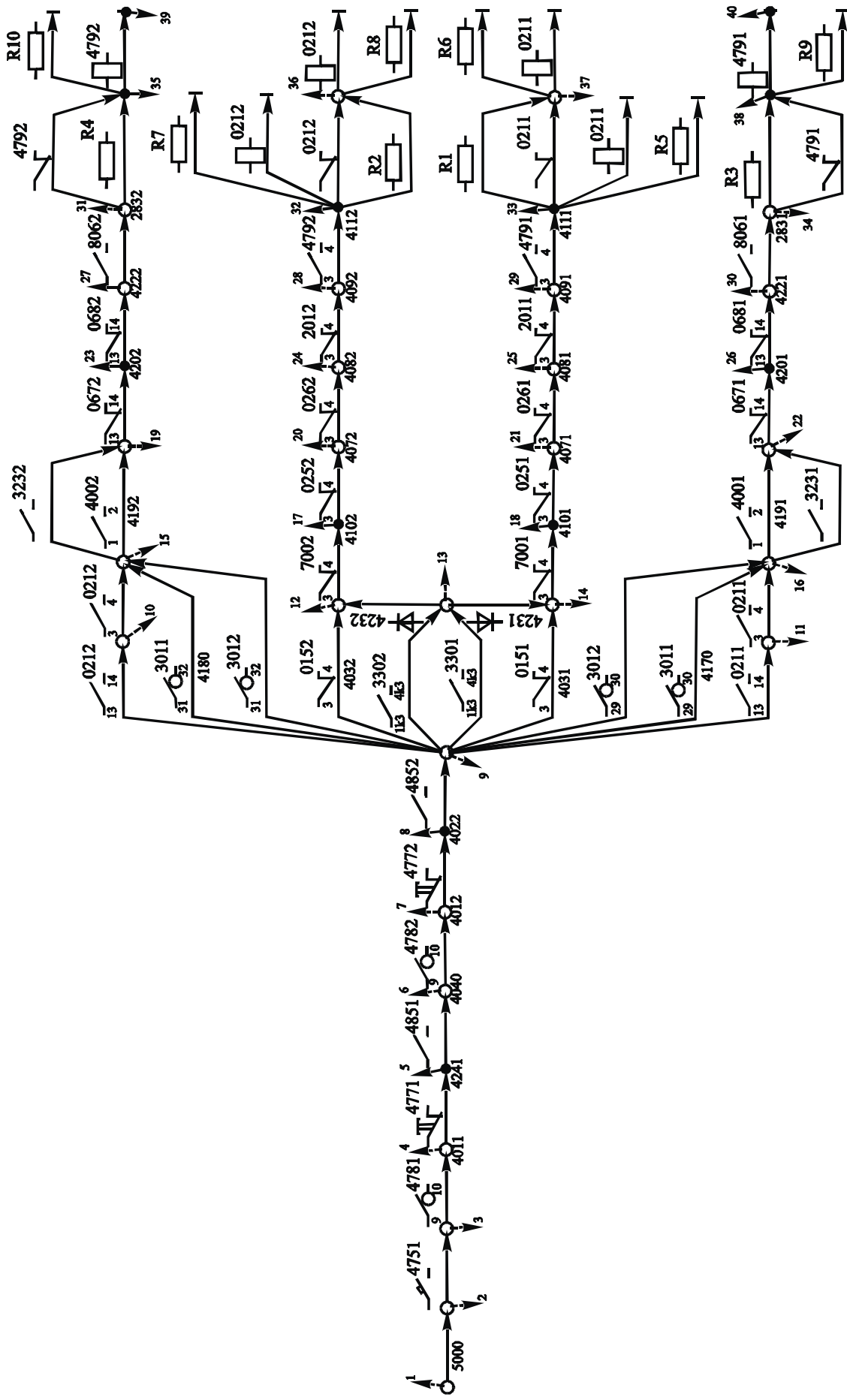


Рис. 2. Граф-модель електричних кіл управління електронепневматичними вентилями приводу проміжного контролера першої секції електровоза ЧС7

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бородин А. А. Сокращение числа контрольных точек в электрических цепях ЭПС методами анализа графической модели / А. А.Бородин , В. В. Привалов , Ю. К. Чудаков // Труды ВЗИИТа. – М., 1972. – Вып. № 61 – 193 с.
2. Андреев А. А. Техническое обслуживание электровозов переменного тока / А. А. Андреев, В. В. Крошнев. – М.: Транспорт, 1982. – 156 с.
3. Карасев И. И. Машинисту об электровозе ЧС7 / И. И. Карасев , Л. П. Ратомский. – М.: Транспорт, 1994. – 223с.

Надійшла до редколегії 22.03.2005