

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ ПРИБОРУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТРУМІВ ВИТОКУ ТРОЛЕЙБУСА НА МАРШРУТІ

Вступ. Повна електробезпека пасажирів може бути забезпечена тільки в тому випадку, коли при попаданні на корпус небезпечного потенціалу буде відбуватись автоматичне відключення троллейбуса від контактної мережі. Причина попадання на корпус небезпечного потенціалу являється погіршення ізоляції високовольтного обладнання. Оцінку стану останньої здійснюють по двом параметрам: опір ізоляції і струм витоку [1]. Відомі пристрої для визначення струму витоку не дають можливості вимірювання струму витоку без впливу зовнішніх факторів (залежність від відношення опору ізоляції позитивних і негативного кіл машини або від ізоляції шин і дорожнього полотна).

Тому метою роботи є синтез структури пристрою контролю струмів витоку троллейбуса на маршруті, який вимірюватиме струм без впливу зовнішніх факторів.

Постановка завдань дослідження. Пристрій для контролю струмів витоку троллейбуса на маршруті, повинен вимірювати струм витоку (без впливу погодних факторів), попереджувати водія про наявність небезпечного струму витоку, вимикати троллейбус з мережі, коли його швидкість нульова, визначати можливу несправність тягового двигуна. Потрібно описати роботу даного пристрою.

Матеріали дослідження. Математична модель пристрою для контролю струмів витоку описується системою рівнянь (1):

$$I_{\text{ввт}} = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8), \quad (1)$$

де X_1 – ввімкнення живлення водієм; X_2 – стан сенсора струму (1/0 – працює/не працює); X_3 – стан сенсора роботи двигуна (1/0); X_4 - X_5 – блок задання допустимого струму витоку; X_6 – стан сенсора швидкості; X_7 – перший струм витоку; X_8 – другий струм витоку.

Проведемо синтез структури пристрою контролю струмів витоку троллейбуса на маршруті.

Для опису схеми були введені наступні тригери: T_1 – живлення троллейбуса; T_2 – тактовий генератор; T_3 - T_4 – аналого-цифровий перетворювач; T_5 - T_6 – перший регістр запам'ятовування; T_7 - T_8 – другий регістр запам'ятовування; T_9 - T_{10} – блок задання допустимого струму витоку; $T_{11} - Y_1$; $T_{12} - Y_2$; $T_{13} - Y_3$; $T_{14} - Y_4$. Вихідні змінні пристрою: Y_1 – небезпечний струм витоку; Y_2 – можлива несправність двигуна; Y_3 – перший розряд лічильника; Y_4 – другий розряд лічильника.

Виходячи із наведеного вище, граф функціонування пристрою контролю струмів витоку матиме вигляд рис. 1. Граф (рис. 1), може бути описаний аналітично системами секвенцій [3]:

$$\left\{ \begin{array}{lll} \bar{X}_1 | -S_0; & \tau_4 S_{10} | -S_2; & X_3 S_4 | -S_8; & \tau_3 S_{11} | -S_{12}; \\ \bar{X}_6 S_9 | -S_0; & X_2 X_7 S_2 | -S_3; & (\bar{X}_4 \tilde{X}_5 \vee X_4 \bar{X}_5) S_5 | -S_9; & S_9 | -Y_1; \\ R_0 | -S_0; & X_4 X_5 S_6 | -S_3; & (\bar{X}_4 \tilde{X}_5 \vee X_4 \bar{X}_5) S_6 | -S_9; & S_{10} | -Y_2; \\ S_0 X_1 | -S_1; & X_2 X_7 X_8 S_2 | -S_4; & \tilde{X}_4 \tilde{X}_5 S_7 | -S_9; & S_{11} | -Y_3; \\ \tau_1 S_1 | -S_2; & \bar{X}_3 S_3 | -S_5; & \tilde{X}_4 \tilde{X}_5 S_8 | -S_9; & S_{12} | -Y_4. \\ \bar{X}_2 | -S_2; & X_3 S_3 | -S_6; & X_4 X_5 Y_1 S_5 | -S_{10}; & \\ \tau_5 S_{12} | -S_2; & \bar{X}_3 S_4 | -S_7; & \tau_2 S_9 | -S_{11}; & \end{array} \right. \quad (2)$$

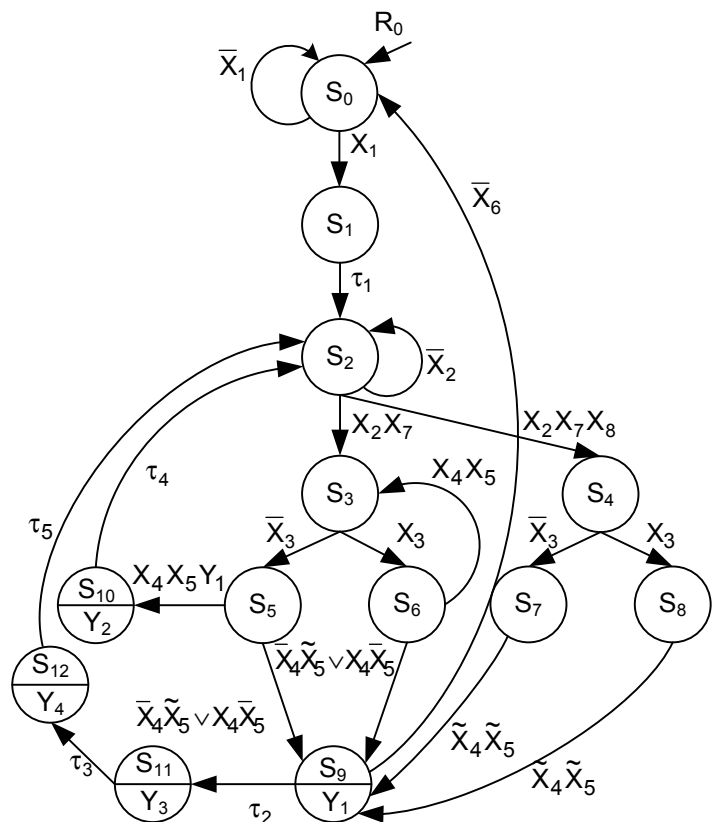


Рис. 1. Граф функціонування пристрою контролю струмів витоку троллейбуса на маршруті

$$\begin{cases}
\bar{T}_1\bar{T}_2\bar{T}_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}\bar{T}_{11}\bar{T}_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_0; & T_1T_2T_3T_4\bar{T}_5\bar{T}_6T_7T_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}\bar{T}_{11}\bar{T}_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_7; \\
T_1\bar{T}_2\bar{T}_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}\bar{T}_{11}\bar{T}_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_1; & T_1T_2T_3T_4T_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}\bar{T}_{11}\bar{T}_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_8; \\
T_1T_2\bar{T}_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}\bar{T}_{11}\bar{T}_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_2; & T_1T_2T_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}T_{11}\bar{T}_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_9; \\
T_1T_2T_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}\bar{T}_{11}\bar{T}_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_3; & T_1T_2T_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8T_9T_{10}T_{11}T_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_{10}; \\
T_1T_2T_3T_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}\bar{T}_{11}\bar{T}_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_4; & T_1T_2T_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}T_{11}\bar{T}_{12}T_{13}\bar{T}_{14}|-S_{11}; \\
T_1T_2T_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6T_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}\bar{T}_{11}\bar{T}_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_5; & T_1T_2T_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}T_{11}\bar{T}_{12}T_{13}T_{14}|-S_{12}; \\
T_1T_2T_3\bar{T}_4T_5\bar{T}_6T_7\bar{T}_8\bar{T}_9\bar{T}_{10}\bar{T}_{11}\bar{T}_{12}\bar{T}_{13}\bar{T}_{14}|-S_6; &
\end{cases} \quad (3)$$

В результаті підстановки (3) в (2) та мінімізації секвенціальних виразів, використовуючи деякі властивості секвенцій, отримаємо наступну систему:

$$\begin{cases}
T_5\bar{T}_6(\bar{X}_4X_5 \vee \bar{X}_4\bar{X}_5 \vee X_4\bar{X}_5) \vee T_7\bar{T}_8(\bar{X}_4X_5 \vee \bar{X}_4\bar{X}_5 \vee X_4\bar{X}_5) \vee \\
X_1|-T_1; \quad \vee T_5T_6(\bar{X}_4\bar{X}_5 \vee X_4\bar{X}_5 \vee \bar{X}_4X_5 \vee X_4X_5) \vee \\
\quad \vee T_7T_8(\bar{X}_4\bar{X}_5 \vee X_4\bar{X}_5 \vee \bar{X}_4X_5 \vee X_4X_5)|-T_{11}; \\
\tau_1T_1|-T_2; \quad T_{11}X_4X_5|-T_{12}; \\
X_2T_2|-T_3; \quad \tau_2T_{11}|-T_{13}; \\
X_2T_2T_3|-T_4; \quad \tau_3T_{13}|-T_{14}; \\
\bar{X}_3(T_3 \vee T_3T_4)|-T_5; \quad \bar{X}_6T_{11} \vee R_0|-\bar{T}_1\bar{T}_2\bar{T}_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8\bar{T}_{11}\bar{T}_{12}; \\
\bar{X}_3T_3T_4|-T_6; \quad \bar{X}_7\bar{X}_8 \vee R_0|-\bar{T}_3\bar{T}_4\bar{T}_5\bar{T}_6\bar{T}_7\bar{T}_8; \\
X_3(T_3 \vee T_3T_4)|-T_7; \quad T_{11}|-Y_1; \\
X_3T_3T_4|-T_8; \quad T_{12}|-Y_2; \\
X_4|-T_9; \quad T_{13}|-Y_3; \\
X_5|-T_9T_{10}; \quad T_{14}|-Y_4.
\end{cases} \quad (4)$$

Відповідно до мінімізованої системи секвенцій (4) побудуємо функціональну схему пристрою, використовуючи серійні стандартні елементи, що випускаються промисловістю. На рис. 2: 1 – перший тригер; 2 – тактовий генератор; 3 – перший елемент І; 4 – сенсор струму; 5 – перший аналого-цифровий перетворювач; 6 – другий елемент І; 7 – перший регістр запам'ятовування; 8 – пороговий елемент; 9 – перший елемент ІІ; 10 – перший цифровий компаратор; 11 – перший елемент АБО; 12 – другий тригер; 13 – перший лічильник імпульсів; 14 – сенсор роботи двигуна; 15 – другий елемент ІІ; 16 – третій елемент І; 17 – другий регістр запам'ятовування; 18 – сенсор швидкості; 19 – четвертий елемент ІІ; 20 – четвертий елемент І; 21 – блок задання допустимого струму витоку; 22 – другий цифровий компаратор; 23 – третій елемент ІІ; 24 – п'ятий елемент І; 25 – третій тригер.

Запропонований пристрій працює так. Контактні провoda та струмоприймачі відповідно забезпечують живлення тролейбуса. Перед виїздом з депо водій активує блок установки нуля (R_0), який коротким імпульсом встановлює у нульове положення другий 12 та третій 25 тригер.

При під'їзді тролейбуса до зупинки додатковий струмоприймач попадає на додатковий контактний провід, який з'єднаний з системою заземлення та розміщений на протязі всієї зупинки, що дає можливість вимірювати струми витоку без впливу погодних умов, стану дорожнього полотна і шин. Тому сенсор струму 4 працюватиме тільки коли буде замкнуте коло вимірювання.

На вхід першого елемента І 3 приходять сигнал з тактового генератора 2 і сигнал роботи X_2 сенсора струму 4.

Сенсор струму 4 з'єднаний з входом порогового елемента 8, сигнал логічної одиниці з виходу якого через перший елемент ІІ 20 обнуляє перший 7 та другий реєстри запам'ятовування 17. З сенсора роботи тягового двигуна 14 сигнал логічної одиниці поступає на другий вхід другого елемента І 6 і оскільки на його першому вході присутній сигнал логічної одиниці з вихода порогового елемента 8, то на виході другого елемента І 6 формується сигнал логічної одиниці, який дозволяє запис в перший регістр запам'ятовування 7 значення струму витоку, вимірюваного сенсором струму 4, який поступає через перший аналого-цифровий перетворювач 5 на його першу вхідну цифрову шину. З вихідної шини першого реєстра запам'ятовування 7 сигнал поступає на першу вхідну цифрову шину першого 10 цифрового компаратора. Якщо значення з блока задання допустимого струму витоку 21 менше за значення вихідної шини першого реєстра запам'ятовування 7, то на виході другого цифро-

вого компаратора 10 формується сигнал логічного нуля, який подається на перший вхід першого елемента АБО 11. В іншому разі на виході першого цифрового компаратора 10 формується сигнал логічної одиниці, який через перший елемент АБО 11 значення першого лічильника імпульсів 13 збільшується на одиницю і встановлюється в одиницю другий тригер 12.

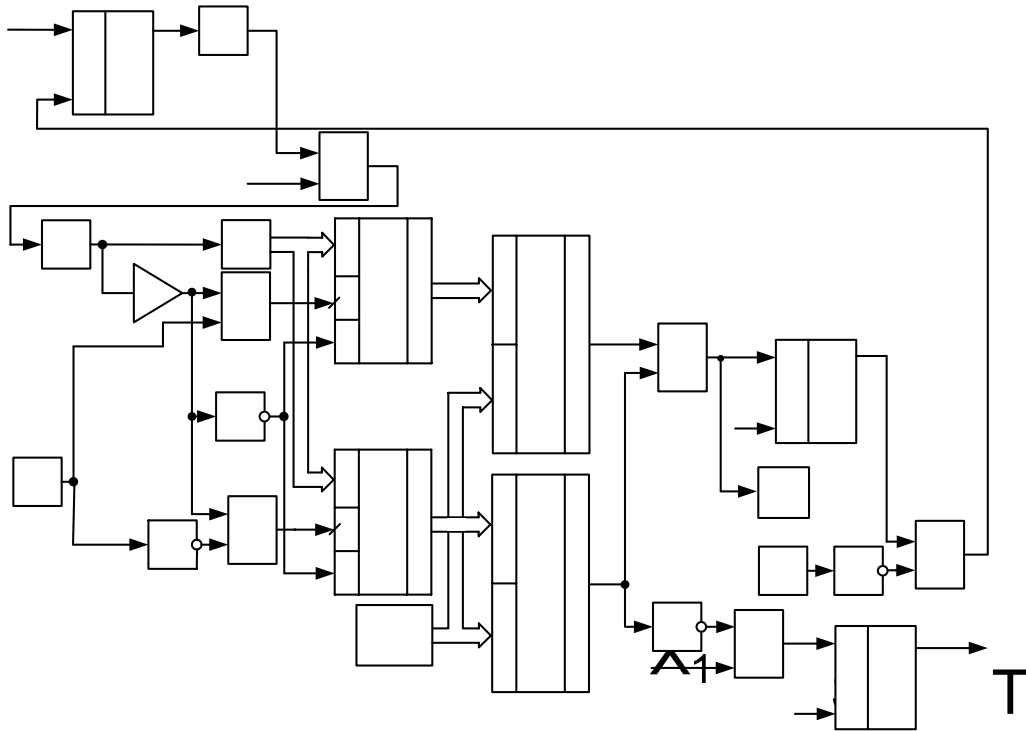


Рис. 2. Функціональна схема пристрою контролю струмів витоків тролейбуса на маршруті

Сигнал логічного нуля з сенсора роботи тягового двигуна 14 поступає на третій елемент НІ 15, з вихода якого сигнал логічної одиниці поступає на другий вхід третього елемента І 16 і оскільки на його першому вході присутній сигнал логічної одиниці з вихода порогового елемента 8, то на виході третього елемента І 16 формується сигнал логічної одиниці, який дозволяє запис в другий регістр запам'ятовування 17 значення струму витоків, виміряного сенсором струму 4, яке поступає через перший аналого-цифровий перетворювач 5 на його першу вхідну цифрову шину з вихідної шини якого сигнал поступає на першу вхідну цифрову шину другого цифрового компаратора 22.

Якщо значення з блока задання допустимого струму витоків 21 менше за значення сигналу з вихідної шини другого регістра запам'ятовування 17, то на виході другого цифрового компаратора 22 формується сигнал логічного нуля, який подається на другий вхід першого елемента АБО 11, на третій елемент НІ 23, вихід якого подається на перший вхід п'ятого елемента І 24, на другий вхід якого подається вихід другого тригера 12.

Вихід п'ятого елемента І 24 встановлює в одиницю третій тригер 25 (Y_2), який сигналізує водієві про можливу несправність тягового двигуна. Сигнал логічної одиниці в коло керування (відключає тролейбус від мережі) з'являється тоді, коли сигнал логічного нуля з сенсора швидкості 18 через четвертий елемент НІ 19 поступає на другий вхід четвертого елемента І 20, а на його першому вході присутній сигнал логічної одиниці з другого тригера 12.

Висновки. Здійснено синтез структури пристрою для контролю струмів витоків тролейбуса на маршруті, який на відміну від існуючого дає можливість вимірювання струму витоків під час руху без впливу зовнішніх факторів, попереджує водія про небезпечний струм, вимикає тролейбус з мережі, при появі небезпечного струму витоків (тролейбус не рухомий), має розширені функціональні можливості та простий в практичній реалізації.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веклич В.Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. – М.: Транспорт, 1990. – 295 с. – ISBN 5-277-00934-5.
2. Розводюк М.П. Математична модель та структура пристрою для діагностування прискорювача трамвая / М.П. Розводюк Ю.В. Шевчук, М.А. Солонінко // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – 2010 - №4. – С. 130-132.
3. Захаров В.Н. Автоматы с распределенной памятью. – М.: «Энергия», 1975. – 136с.