

МОЙСЕСЕНКО В. І. професор¹,
ГАВРИЛОВ М. О. магістр¹,
КОВАЛЬ В. О. студент¹

(¹Український державний університет залізничного транспорту)

Розроблення пристрою для автоматичного регулювання температури електрообігріву контактів автоперемикачів стрілочних електроприводів



Анотація. Автоперемикач електричного приводу стрілки є відповідальним елементом конструкції, він забезпечує формування інформації про положення кінців стрілки. Водночас цей компонент, порівняно з іншими елементами конструкції приводу, є найменш надійним. Значна кількість пошкоджень викликана негативними впливами навколишнього середовища: висока вологість, низька температура повітря можуть спричинити затвердіння контактів, що негативно впливає на роботу ланцюга керування.

Існуючі технічні засоби для запобігання негативним атмосферним впливам включають включення резисторів для електричного нагрівання контактів протягом зимового періоду експлуатації. Наявна система технічного обслуговування електроприводів стрілок передбачає включення та виключення електричних нагрівальних резисторів обслуговуючим персоналом.

Слід зазначити, що переважна більшість станцій з невеликою кількістю стрілок не передбачають постійної присутності обслуговуючого персоналу, тому, очевидно, цей процес зовсім не узгоджується з коливаннями температури навколишнього середовища. Насправді електромеханік SCB може бути присутнім на певній станції свого району під час виконання планових робіт або під час усунення пошкоджень електричних пристроїв централізації.

Ключові слова: залізнична інфраструктура, технічне обслуговування, експлуатація, електронагрівачі, автоматичний обігрів, датчик температури, автоперемикач.

Вступ

Автоперемикач стрілочного електропривода є відповідальним елементом конструкції, він забезпечує формування інформації про положення вістряків стрілки. У той же час цей компонент порівняно з іншими елементами конструкції приводу є найбільш ненадійним. Значна кількість пошкоджень обумовлена негативними впливами навколишнього середовища: підвищена вологість, низька температура повітря можуть бути причиною індівіння контактів, що несприятливо впливає на роботу контрольного кола.

Існуючі технічні засоби для запобігання негативним атмосферним впливам передбачають ввімкнення резисторів для електрообігріву контактів у зимовий період експлуатації. Існуюча система технічного обслуговування стрілочних електроприводів передбачає ввімкнення та вимикання резисторів електрообігріву навченим персоналом.

Слід зазначити, що переважна більшість станцій із невеликою кількістю стрілок не передбачає постійне знаходження навченого персоналу, тому, очевидно, цей процес зовсім не узгоджений із коливаннями температури навколишнього середовища. Фактично електромеханік СЦБ може бути присутнім на конкретній станції своєї дільниці для виконання регламентних робіт або усунення пошкодження пристроїв електричної централізації.

Очевидно, наявність людини-оператора в контурі керування не може забезпечити виконання завдань через наявний суб'єктивний фактор. Унаслідок цього виникає проблема енергоефективності процесу електрообігріву, і трапляються випадки пошкодження контактної групи автоперемикача через неефективну роботу пристрою електрообігріву. Тому зазначений напрям роботи є актуальним, має практичне значення та направлений на зменшення відмов у системах станційної централізації.

Аналіз публікацій

Залізничні стрілочні переводи, у тому числі і конструкцію електропривода, можна впевнено назвати найчутливішими складовими залізничної колії, тому що до їхнього складу входить велика кількість механічних елементів, багато з яких є рухомими [1].

Методи розв'язання проблем, що пов'язані з покращенням умов експлуатації стрілочних переводів, а отже, підвищенням їхньої надійності представлені в деяких технічних рішеннях, наприклад спільний проект німецької фірми ESA Elektroschaltanlagen Grimma GmbH (Німеччина) і компанії ТОВ «Теплолюкс-Дніпро» [2]. Зокрема, у проєкті КОМКОНСТ-20 [3] розглянуто систему електрообігріву стрілочних переводів: електрообігрів вістряків стрілки, а не контактів автоперемикача, і автори не робили спробу розв'язати саме цю проблему.

Для реалізації проєктів зі створення систем обігріву основними елементами є нагрівальні елементи; типи та фактори, якими слід користуватися під час їх вибору, широко висвітлені в статті на сайті виробника електричних компонентів компанії DMX [4]. Окремо можна виділити статтю Л. І. Мельника з Київського політехнічного університету імені І. Сікорського, темою якої є створення термостійких електропровідних матеріалів із регульованими електричними властивостями, що можна використовувати як обігрівачі [5].

Також велике значення для розв'язання проблем енергоефективності автоматичного обігріву є пристрої регулювання температур (терморегулятори), різновиди яких подані в статті освітнього проєкту ElectricalSchool.info [6].

Мета статті

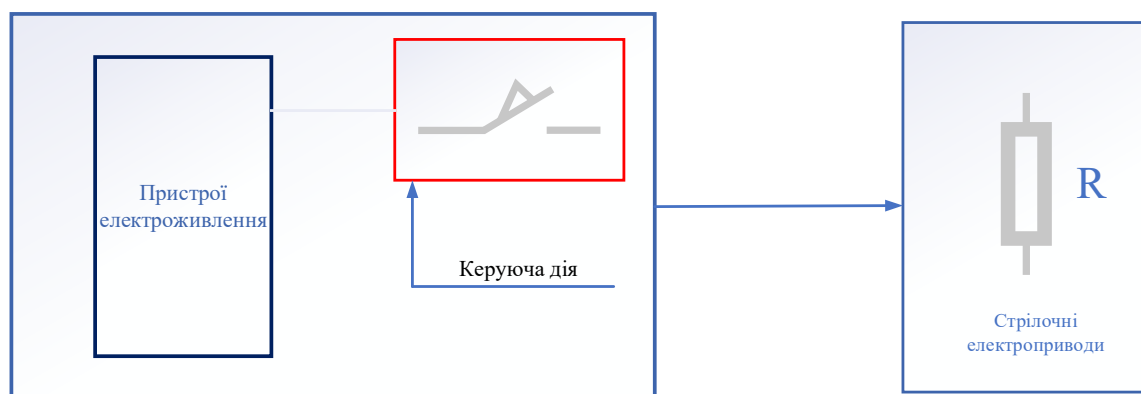
Удосконалення пристроїв електрообігріву контактів автоперемикачів стрілочних

електроприводів і підвищення їхньої енергоефективності.

Викладення основного матеріалу

Типова схема організації електрообігріву контактів автоперемикача стрілочного електропривода, яка показана на рис. 1, включає пристрій живлення поста електричної централізації, кабель, знижувальний трансформатор типу ПОБС 5А і два резистори ПЭВ-25-56 Ом. Вони встановлені над контактами автоперемикача і ввімкнені паралельно, напруга на них не має перевищувати 26 В. Живлення пристроїв електрообігріву подають із поста ЕЦ змінним струмом частотою 50 Гц, напругою 220 В, із наступним зниженням на трансформаторах типу ПОБС-5А. Трансформатори встановлені у трансформаторних ящиках поруч із розгалужувальною муфтою стрілочних електроприводів.

Пост ЕЦ



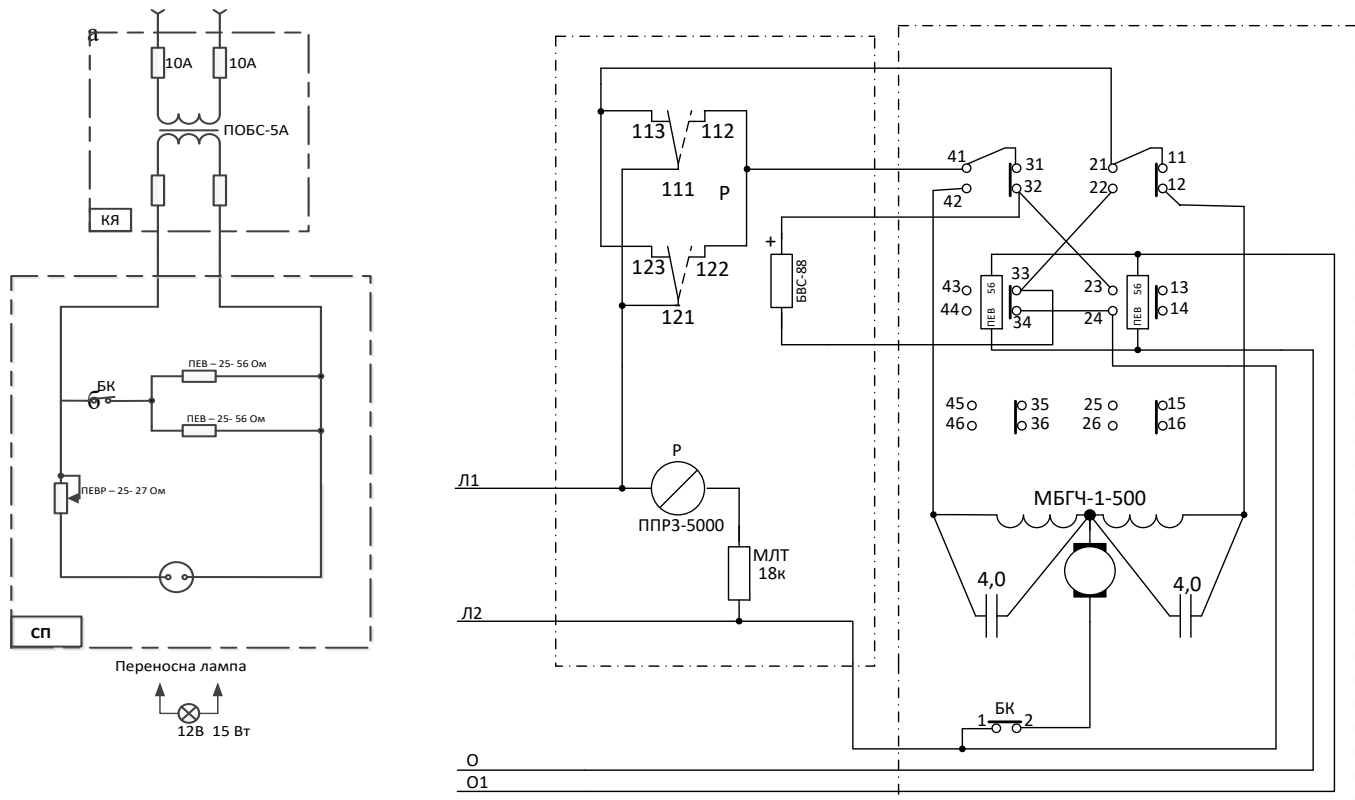


Рис. 1. Схеми електрообігріву контактів автоперемикача стрілочного електропривода:
а – структурна; б – принципова

Слід зазначити, що до одного трансформатора ПОБС-5А може бути підключено не більше п'яти стрілочних електроприводів.

Для одержання на резисторах обігріву напруги U_K не більше 26 В із поста ЕЦ на первинну обмотку ПОБС-5А подають змінний струм напругою 220 або 237 В. Допустиме падіння напруги в кабелі ΔU_K приймають відповідно 70 або 87 В і визначають із рівняння

$$\Delta U_K = 2L_K I_p$$

де L_K – довжина кабелю до колійної коробки, м;

I_p – розрахунковий струм у первинній обмотці ПОБС-5А, А (визначають відповідно до кількості стрілок від 0,21 для однієї стрілки до 1,1 А для п'яти стрілок);

$r = 0,0235$ – опір жил кабелю, Ом/м.

Якщо на первинній обмотці трансформатора ПОБС-5А від 190 до 220 В, то спарені електроприводи підключають по двох жилах паралельно. До першої стрілки прокладено дві жили і між спареними стрілками також дві жили. Зі зниженням цієї напруги з 180 до 150 В резистори кожної стрілки ввімкнені по окремих жилах, до першої зі спарених стрілок прокладено чотири жили, а між спареними дві, причому схема ввімкнення резисторів паралельна.

Такий підхід, хоча він і достатньо простий у технічній реалізації, не можна вважати енергоефективним – на резистори подана фіксована напруга незмінної величини. За рахунок цього витрати електроенергії є постійними та не залежать від температури навколишнього середовища, а ефективність процесу безпосередньо залежить від дій навченого персоналу.

Визначимо витрати електроенергії для електрообігріву контактів автоперемикачів станції, на якій проводили дослідження. Загальна кількість стрілок складає 23, термін дослідження – один місяць, режим обігріву цілодобовий.

Якщо струм електронагрівального елемента I_p для однієї стрілки дорівнює 0,21 А, а для п'яти стрілок, які підключені до одного трансформатора, відповідно 1,1 А, то в межах станції максимальний струм однієї стрілки буде 0,506 А. Термін максимальний струм вжито тому, що до одного трансформатора може бути підключена різна кількість стрілок, але не більше п'яти.

Отже, витрати електроенергії E для електрообігріву контактів автоперемикачів на станції з 23 стрілками на один місяць за безперервної роботи електрообігрівачів складе

$$E = 23 \times 0,506 \times 24 \times 30 = 8379,36 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$$

Очевидно, навіть в межах однієї невеликої станції маємо досить значні витрати коштів, особливо якщо взяти до уваги тенденцію до підвищення середньодобової температури зимового періоду, яку спостерігають останніми роками в Україні. Але головним фактором енергоефективності є вартість кіловата електричної енергії для промислових споживачів, яка має тенденцію до постійного зростання.

Тому автори пропонують створити автоматичну систему керування процесом електрообігріву контактів автоперемикача залежно від зміни температури навколишнього середовища (рис. 2).

Система має датчик температури, пристрій, що забезпечує підтримання її заздалегідь встановленого

значення, і комутаційний пристрій, що забезпечує підключення електрообігрівальних елементів. Завдяки регулятору можна встановити необхідне значення температури, яку і буде підтримувати регулятор автоматично.

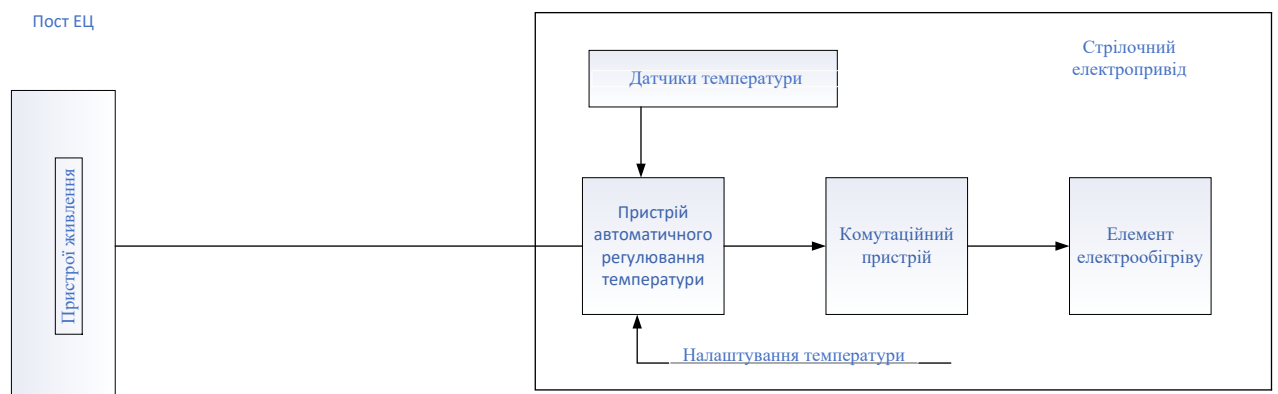


Рис. 2. Блок-схема пристрою автоматичного регулювання температури електрообігріву контактів автоперемикача

Застосування нової схеми породжує декілька запитань, більшість із них стосуються місця встановлення плати зі схемою автоматичного регулювання температури та датчика температури повітря. На думку авторів, можливі такі варіанти розміщення апаратури:

- датчик і плата керування встановлені в корпусі стрілочного переводу (варіант 1);
- датчик і плата керування встановлені в трансформаторному ящику на групу до п'яти стрілок (варіант 2);
- датчик і плата керування встановлені на посту централізації (варіант 3).

Очевидно, можливі й інші варіанти, наприклад із рознесенням датчика температури і плати керування.

Для визначення найбільш оптимальної схеми розміщення апаратури були проведені експериментальні дослідження температурного режиму в корпусі електропривода і трансформаторному ящику в різні періоди часу та зі встановленням на різних типах баласту і шпал. Результати вимірювань наведені в таблиці та на графіках рис. 3.

Експерименти проводили без переміщення приладів для вимірювання температури, її вимірювали безпосередньо в корпусі стрілочного переводу, а не над резисторами обігріву за паралельного підключення резисторів. Перед і після процесу вимірювань проводили візуальний огляд об'єктів, щоб виявити можливі зміни.

Вимірювання фактичної температури в пристроях

Дата	5.11.2024 / 15:40 (°C)	6.11.2024 / 8:50 (°C)	6.11.2024 / 16:50 (°C)	8.11.2024 / 18:30 (°C)	17.11.2024 / 17:14 (°C)	17.11.2024 / 18:38 (°C)	18.11.2024 / 14:10 (°C)	19.11.2024 / 8:52 (°C)	19.11.2024 / 13:40 (°C)	20.11.2024 / 10:31 (°C)	20.11.2024 / 15:22 (°C)	20.11.2024 / 18:38 (°C)	24.11.2024 / 7:39 (°C)
Пристрій													
Температура повітря навколишнього середовища (°C)	5	5	8	6,5	6,5	5,8	10	4,5	8,5	6,5	9,0	9,0	1,5
СП-ТС № 42, 1/11, Р-65. Шпали дерев'яні, підрізка баласту 15 см, суміш суглинок із ракушняком	4,8	3,5	8	5,5	5,0	4,0	9,5	2,0	6,5	3,5	7,8	7,8	0,5
СП-ТС № 40, 1/11, Р-65. Шпали залізобетон, підрізка баласту 15 см, суглинок	4,8	4,5	8	6	5,0	4,0	9,5	3,0	7,0	4,0	8,0	7,5	1,0
Колійний ящик КГ-4-01-01 (пластик)	4,5	4	6,5	5,5	2,9	1,8	9,5	2,0	5,0	3,5	7,2	6,8	-0,5

Вимір фактичної температури в пристроях

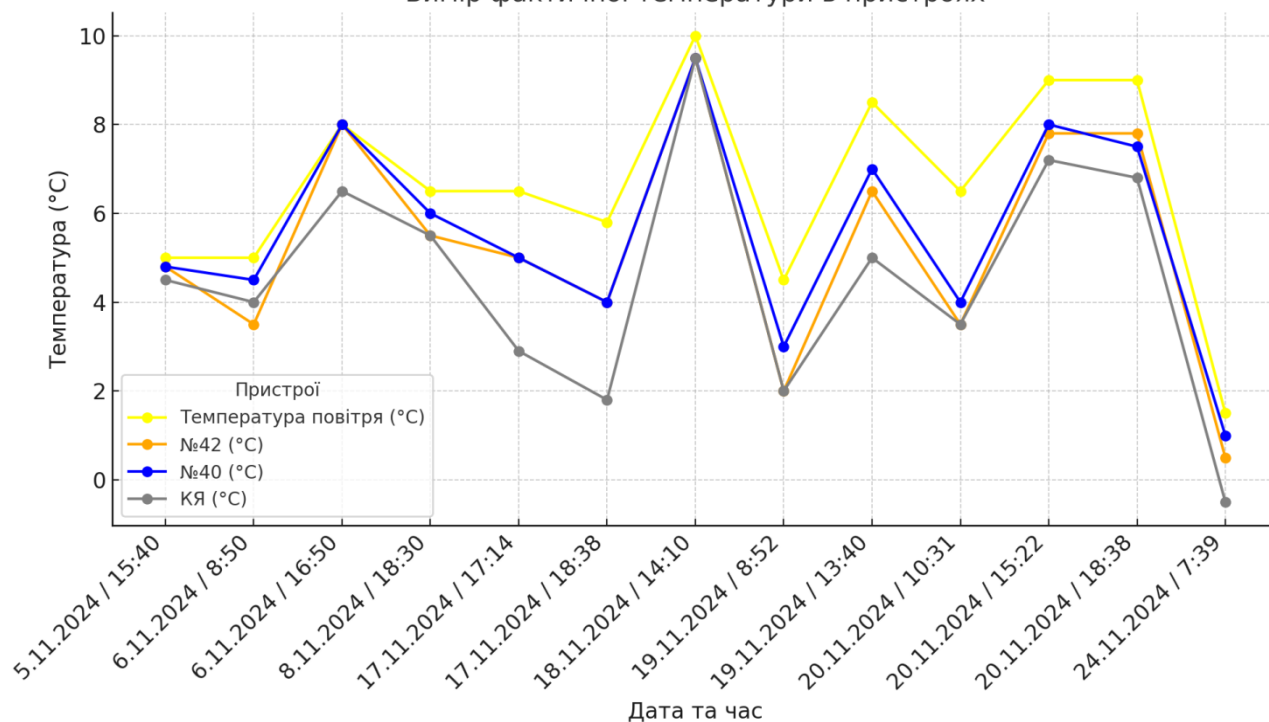


Рис. 3. Графік зміни температури в пристроях

Коментуючи результати вимірювань, що наведені на рис. 3, можна відзначити таке:

1. Температурні показники в корпусі привода і трансформаторному ящику не мають значних відмінностей, різниця становить лише 1-2 °С. Це вказує на те, що температурні умови в обох місцях схожі, хоча трансформаторний ящик може мати кращу теплоізоляцію завдяки своїй конструктивній особливості.

2. Різниця температури в корпусі електропривода залежно від типу шпальної основи (дерев'яні або залізобетонні шпали), складає 0,5-1,5 °С. Виявлено, що температура в корпусі електропривода на залізобетонних шпалах була нижчою, що можна пояснити більшою теплопровідністю і меншою теплоізоляцією цього матеріалу порівняно з дерев'яними шпалами.

3. Температурні коливання в колійному ящику відбуваються більш динамічно, ніж у корпусі електропривода, оскільки матеріал ящика має меншу масу, що забезпечує швидшу реакцію на зміни температури навколишнього середовища.

4. Найнижчі температури в корпусі електропривода були зафіксовані в ранкові та вечірні години, що відповідає мінімуму температури навколишнього повітря. Це підтверджує необхідність впровадження адаптивного керування обігрівом контактів.

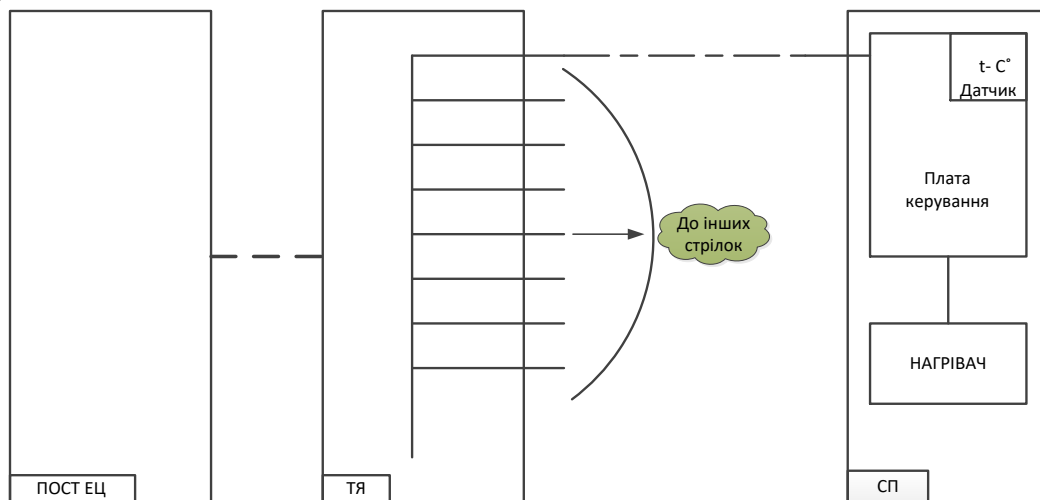
5. Вплив підрізки баласту та складу ґрунту: за глибокої підрізки та менш щільного баласту спостерігали більші температурні коливання, що свідчить про те, що умови розташування електропривода можуть впливати на ефективність системи обігріву.

6. Економія енергії: застосування автоматичної системи обігріву дає змогу оптимізувати споживання електроенергії та знизити витрати на 20-30 %, що є особливо важливим для великих станцій із великою кількістю стрілок.

7. Перспективи вдосконалення: подальші дослідження можна зосередити на поліпшенні конструкції нагрівальних елементів, наприклад застосування локалізованого нагріву для зменшення теплових втрат і підвищення ефективності обігріву.

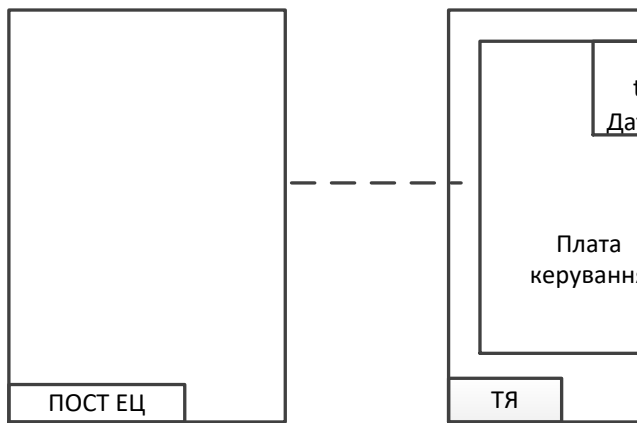
8. Практичні рекомендації: оптимальними варіантами розміщення системи керування є другий і третій варіанти (розміщення датчиків у трансформаторному ящику або централізоване керування), оскільки ці варіанти забезпечують захист електронних компонентів від зовнішніх впливів і спрощують обслуговування.

З урахуванням отриманих результатів експерименту з вимірювання температури були запропоновані три варіанти можливої реалізації системи електрообігріву контактів автоперемикачів стрілочних електроприводів (рис. 4).

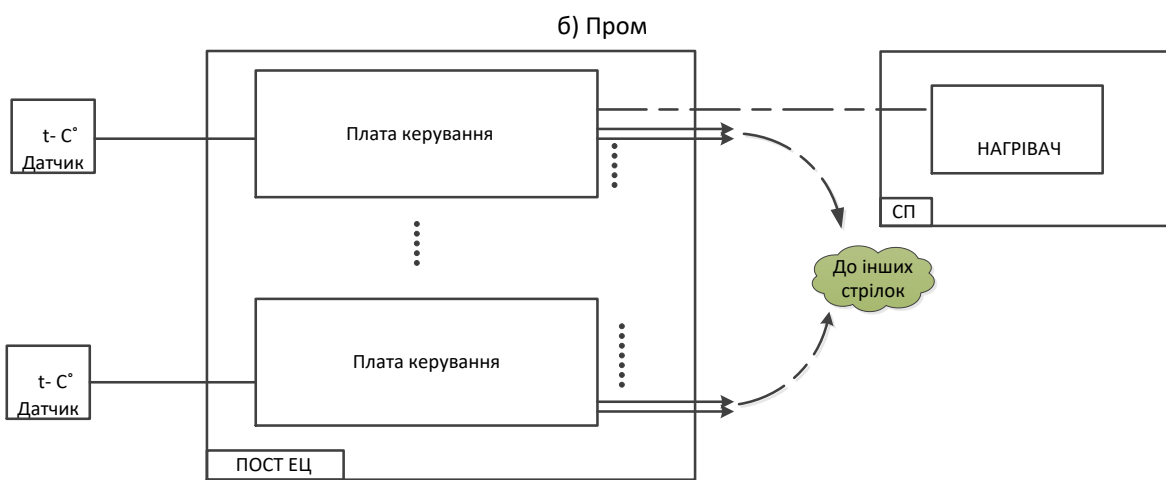


СП - Стрілочний електропривод
ТЯ - Трансформаторний ящик

а) Децентралізований варіант



ТЯ - Трансформаторний ящик



СП - Стрілочний електропривод

в) Централізований варіант

Рис. 4. Варіанти реалізації системи електрообігріву контактів автоперемикача стрілочних електроприводів на станції

Перший варіант (рис. 4, а) із децентралізованим розміщенням датчика температури передбачає встановлення плати керування з датчиком температури та нагрівачем безпосередньо в корпусі стрілочного електропривода. Живлення подають із поста централізації до трансформаторних ящиків, а від них розводять по стрілках.

Другий (рис. 4, б), проміжний, варіант – встановлення плати керування з датчиком температури в корпусі трансформаторного

ящика, а нагрівальний елемент розміщують у корпусі стрілочного електропривода.

Третій варіант (рис. 4, в) із централізованим розміщенням плат керування на посту електричної централізації передбачає винесення датчиків температури назовні, можливе кріплення безпосередньо на стіні будівлі. За такого розташування датчиків необхідно передбачити їхній захист від потрапляння прямих сонячних променів.

Слід зазначити, у всіх розглянутих вище варіантах структур використано діючу кабельну

мережу, що значно спрощує та здешевлює процес впровадження пропонованого пристрою.

Висновки

Запропонована розробка забезпечує автоматичну роботу пристроїв електрообігріву і не потребує втручання персоналу для ввімкнення та вимикання, дає змогу усунути людський фактор і підвищити надійність роботи стрілочних електроприводів.

Крім того, впровадження автоматичного електрообігріву допоможе знизити енергоспоживання та покращити його ефективність, особливо в умовах різкого коливання температури навколишнього середовища.

За рахунок регулювання температурного режиму в корпусі електропривода залежно від зміни температури навколишнього середовища забезпечено можливість економії електричної енергії, що витрачена на електрообігрів контактів автоперемикача стрілочного електропривода. Подальшим розвитком робіт у визначеному напрямі може бути вдосконалення конструкції електронагрівального елемента з використанням принципу направленої теплової дії, що може суттєво покращити енергетичні характеристики процесу обігріву. Дослідження також можуть бути спрямовані на використання альтернативних матеріалів для виготовлення нагрівальних елементів.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.3-19-2018. Залізничі колії 1520 мм. Норми проектування. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074863391337088215?doc_type=2.
2. Система електрообігріву стрілочних переводів – спільний проект з німецькою фірмою ESA Elektroschaltanlagen Grimma GmbH (Німеччина) та компанії ТОВ «Теплолюкс-Дніпро». URL: <https://www.railway.supply/uk/innovacijna-sistema-obigrivu-ta-ochishhennya-strilochnih-perevodiv/>.
3. Система обігріву стрілочних переводів КОМКОН НСТ-20. URL: <https://komkon.ua/products/nst-20/>.
4. Нагрівальні елементи. URL: <https://www.dxmht.com/ru/article/heating-elements-guide.html>.
5. Мельник Л. І. Аспекти виготовлення струмопровідних полімерних матеріалів. URL: https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2023/1_2023/33.pdf.

6. Пристрої регулювання температур. URL: <https://electricalschool.info/automation/1340-sistemy-avtomaticheskogo-regulirovanija.html>.

Development of a device for automatic temperature control of electric heating contacts of automatic switches of turnout electric drives

Abstract. The autoswitch of the turnout electric drive is a responsible element of the design, it provides the formation of information about the position of the arrow tips. At the same time, this component, in comparison with other elements of the drive design, is the most unreliable. A significant amount of damage is caused by negative environmental influences: high humidity, low air temperature can cause contact induration, which adversely affects the operation of the control circuit.

Existing technical means to prevent negative atmospheric influences include the inclusion of resistors for electric heating of contacts during the winter period of operation. The existing system of technical maintenance of turnout electric drives provides for the inclusion and exclusion of electric heating resistors by service personnel.

It should be noted that the vast majority of stations with a small number of turnouts do not provide for the constant presence of service personnel, therefore, obviously, this process is not at all consistent with fluctuations in ambient temperature. In fact, the electromechanic of the SCB may be present at a specific station of his district when performing routine work, or when eliminating damage to electrical centralization devices.

Obviously, the presence of a human operator in the control loop cannot ensure the fulfillment of the tasks due to the emerging subjective factor. As a result, the problem of energy efficiency of the electric heating process arises, and there are cases of damage to the contact group of the autoswitch due to inefficient operation of the electric heating device. Therefore, the specified direction of work is relevant, has practical significance and is aimed at reducing failures in station centralization systems.

Мойсєненко Валентин Іванович, доктор технічних наук, завідувач кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна, 61050. E-mail: mvi53@ukr.net; mojseenko@kart.edu.ua. <http://orcid.org/0000-0003-1377-8703>.

Коваль Віталій Олексійович, студент кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів, Український державний університет залізничного

транспорту, Харків, Україна, 61050. E-mail: bitwiy@gmail.com.

Гаврилов Микола Олександрович, магістр, асистент кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: nikgawr2020@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-9715-6877>.

Moiseenko Valentin, Doctor, Professor department of specialized computer systems, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: mvi53@ukr.net;

mojseenko@kart.edu.ua.

ORCID:

<http://orcid.org/0000-0003-1377-8703>.

Koval Vitaliy, student of the department automation and computer remote control of train traffic, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: bitwiy@gmail.com.

Havrylov Mykola, Master, Assistant Professor of the Department of Automation and Computer Remote Control of Train Movement, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: nikgawr2020@gmail.com. ORCID ID: <https://orci>