

**УДК 621.311.4**

О. І. БОНДАР – к. т. н., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, olbond36@mail.ru

О. І. САБЛІН – к. т. н., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, olegsss@i.ua

Б. О. ШЕВЦОВ – студент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

## **ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РОЗПОДІЛЬЧИХ УСТАНОВОК ОБ'ЄКТІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ ШЛЯХОМ РОЗРОБКИ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ**

*Статтю представив д. т. н., доц. А. М. Муха*

### **Постановка проблеми та аналіз публікацій**

Однією з основних тенденцій розвитку сучасних електричних мереж є невідпинне впровадження комплексу технологій, технологічних процесів, пристроїв та програмного забезпечення, котрі є складовими поняття Smart grids – «інтелектуальні електромережі». Ця інновація спрямована передусім на створення оптимальної розподіленої інфраструктури з можливістю повної автоматизації технологічних процесів на рівні електроенергетичних об'єктів [1]. У цих структурах управління технологічними процесами виробництва, перетворення, передачі і розподілу електричної енергії реалізується в рамках єдиної задачі забезпечення безперебійного електропостачання шляхом комплексного залучення всього обладнання і врахування багатьох режимів його роботи.

Важливою складовою енергетичної системи України є електричні мережі електрифікованих залізниць. За інформацією Головного управління електрифікації та електропостачання Укрзалізниці [2] станом на початок 2011 р. експлуатаційна довжина електрифікованих залізниць України становить 10089,25 км, з яких на однофазному

змінному струмі 25 кВ 50 Гц електрифіковано 5326,29 км, на постійному струмі 3 кВ електрифіковано 4762,96 км. Частка електрифікованих ділянок від загальної експлуатаційної довжини залізниць становить 46,5 %, при цьому частка електротяги у загальному вантажообігу — 90,5 %. За абсолютною довжиною електрифікованих залізниць Україна займає 10-те місце серед країн світу і 6-те – серед країн Європи. Отже, електричні мережі залізниць належать до класу територіально розподілених електричних об'єктів, автоматизація управління яких потребує розв'язку широкого спектра задач економічного, диспетчерського, технологічного та експлуатаційного управління на різних рівнях ієрархії.

Як зазначено в [3], одним з головних завдань розвитку електричного господарства Укрзалізниці на період до 2020 р. є проведення модернізації технічних засобів, впровадження нової техніки і технологій, інформаційно-аналітичних та керуючих систем з метою підвищення надійності безпеки руху, енергопостачання та зниження експлуатаційних витрат.

На виконання цього завдання в теперішній час здійснюється впровадження корпоративної багатофункціональної системи

моніторингу в тягових мережах Укрзалізниці на базі інформаційно-діагностичного комплексу (ІДК) "Регіна". Функції цієї системи на найнижчому рівні – рівні тягових підстанцій наступні [4]:

- реєстрація доаварійних, аварійних та післяаварійних режимів функціонування електричних контактних мереж з синхронізацією за часом та спрацюваннями систем захисту;

- визначення місця аварії та ідентифікацію характеру пошкодження;

- діагностування стану високовольтної ізоляції вводів силових трансформаторів під робочою напругою;

комерційний облік електричної енергії за тарифами, диференційованими за зонами доби; □- технологічний облік електричної енергії за окремими фідерами;

- первинна обробку звітної інформації;

- формування та передача на верхні рівні керування експрес-інформації, всієї (повної) інформації;

- ведення баз даних.

На сьогодні у складі системи електропостачання залізниць України налічується 305 тягових стаціонарних та пересувних підстанцій, 322 пости секціонування (ПСК) та 168 пунктів паралельного з'єднання (ППЗ) контактної мережі [3]. При цьому на усіх ПСК та ППЗ відсутній черговий оперативний персонал, як і на значній кількості підстанцій, котрі повністю обладнано пристроями телекерування і керуються дистанційно. При цьому оперативний персонал здійснює чергування «на дому», або знаходиться на одній з сусідніх підстанцій, яка є головною в даній групі («кущова» схема обслуговування) [5]. Розташування таких об'єктів у малолюдній місцевості та на значних відстанях один від одного створює сприятливі умови для проникнення на них сторонніх осіб з метою демонтажу обладнання з кольорових та чорних металів (елементи систем заземлення, влітові розряд-

ники, тощо), що не перебуває під напругою, а також зливу нафтового трансформаторного масла.

Можна додати також, що значну кількість оглядів обладнання та ремонтних робіт, які за системою планово-попереджувальних ремонтів виконують бригади ремонтно-ревізійних дільниць або робітники підстанцій не потребують великого складу бригади і тому при виконанні робіт на об'єкті присутні лише 2 – 3 людини.

Аналіз викладеного вище дозволяє зробити висновок, що задача впровадження елементів інтелектуальних систем на об'єктах системи електропостачання залізниць України є актуальною.

### **Формулювання мети роботи**

В контексті викладеного вище, завданням роботи є розробка дослідного зразка багатофункціонального контролюючого пристрою, який на основі даних інфрачервоних датчиків здійснює моніторинг доступу персоналу у розподільчі установки та їх окремі частини, контроль дотримання безпечних відстаней від струмопровідних частин при виконанні робіт, управління опаленням та освітленням приміщень а також виконує функції сигналізації при спробах несанкціонованого доступу сторонніх осіб.

### **Обґрунтування результатів**

Структурна схема пристрою, яка показана на рис.1, пояснює принцип дії мікроконтролерної 4 каналної системи, та відображає в собі блоки на електричній принциповій схемі.

На структурній схемі пристрою (див. рис. 1) зображено наступні функціональні блоки: блок живлення, мікроконтролер, блок індикації, блок кнопок, блок реле, блок приймача та випромінювача ІЧ – променів.

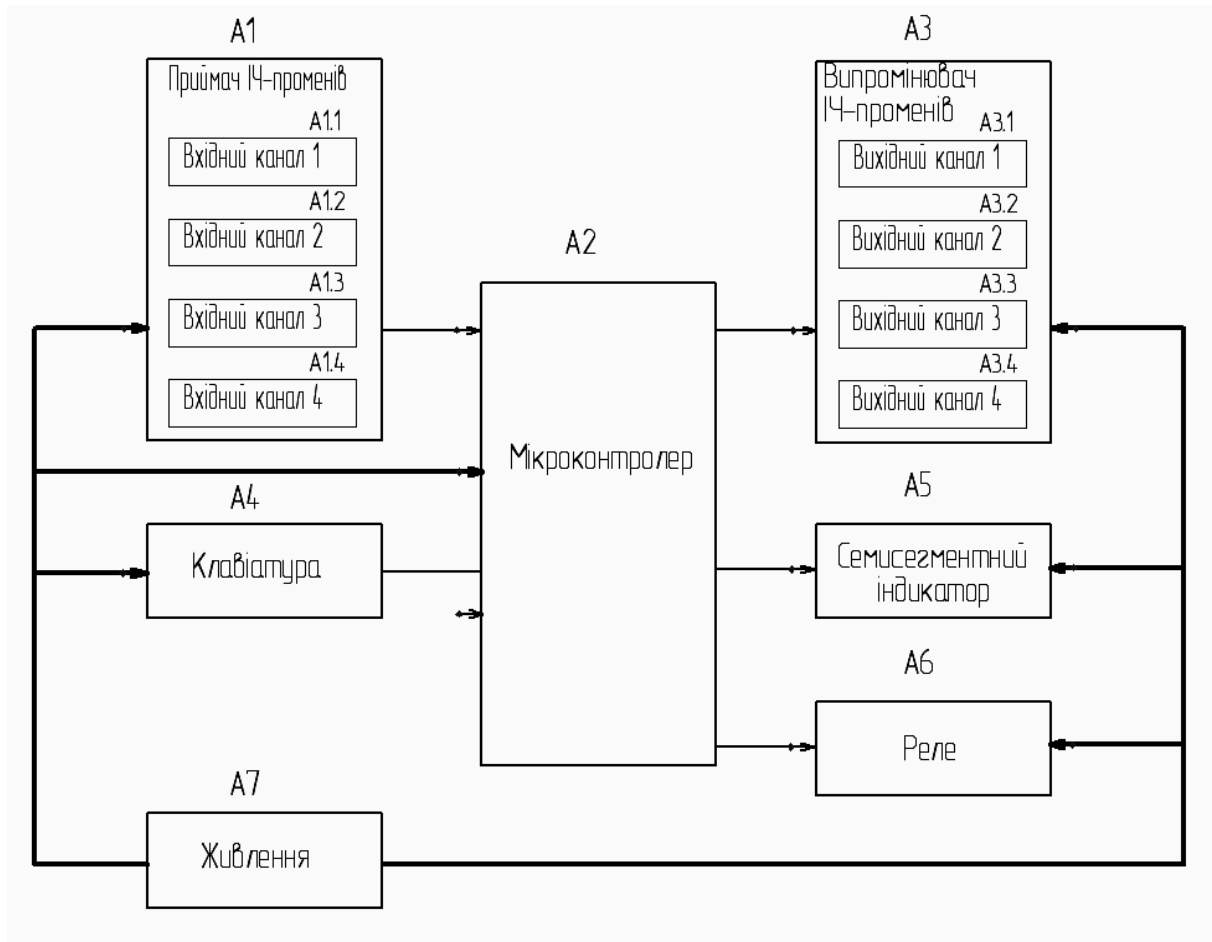


Рис. 1. Структурна схема пристрою

Блок A1: Приймач інфрачервоних променів. У ролі приймача пропонується TSOP1736. Даний призначений для отримання інфрачервоних променів, які відбиваючись від перешкоди потрапляють на нього.

Блок A2: «Мікроконтролер» - найголовніший елемент пристрою, котрий виконує керування, обробку і управління всім пристроєм.

Блок A3: Випромінювач інфрачервоних променів. Даний блок призначений для випромінювання інфрачервоних променів.

Блок A4: «Блок клавіатура» - призначений для встановлення необхідних режимів мікроконтролера.

Блок A5: «Семисегментний індикатор» - призначений для відображення цифрової інформації.

Блок A6: «Реле» - в даному блоці міститься реле з можливістю комутації струму до 1А.

Блок A7: «Блок живлення» - призначений для живлення приладу постійною напругою +5В та +12В від джерела постійного струму 12В.

Мікроконтролерний багатофункціональний пристрій виконано на мікроконтролері PIC16F72. Пристрій може працює від джерела постійної напруги 12В. Відповідну електричну принципову схему представлено на рис.2. Світлодіоди HL1...HL4 випромінюють інфрачервоні промені, які зустрівши перепону повертаються на приймачі інфрачервоного випромінювання DA1, DA2, DA3, DA4. На виходах DA1... DA4 можуть з'явитись високочастотні коливання, які можуть вплинути на роботу мікро-

контролера DD1. Щоб це попередити ставлять конденсатори C2, C4, C6, C8, які згладжують сигнали на виходах DA1... DA4 на час перехідних процесів. Для зняття високочастотної складової при подачі напруги використовують конденсатори C1, C3, C5, C7.

У разі якщо виміряна відстань до перешкоди складає менше ніж 1,0 метр, то на порт RB4 подається логічна одиниця, і реле K1 замикає контакти K1.1 і K1.2, які включають відповідно зовнішній звуковий сигнал і систему передачі сигналу диспетчеру. Далі подається звуковий сигнал через зумер B1.

Розрахунок і вибір основних елементів пристрою виконано на основі методик та даних, які містяться в [7,8].

Розрахунок необхідного типорозміру друкованих плат здійснюється з урахуванням наступних основних вимог:

- 1) визначається кількість корпусів радіоелементів (за їх фізичними розмірами);
- 2) визначається топологія розміщення корпусів на кожній друкованій платі.

Площу друкованої плати обчислено за формулою

$$S_{\text{дп}} = S_{\text{уст}} + S_{\text{пов}} + S_{\text{шт}}, \quad (1)$$

де  $S_{\text{уст}}$  – установочна площа усіх елементів на платі;  $S_{\text{пов}}$  – площа плати, необхідна для установки елементів з урахуванням відстані між елементами і виводами, а також для забезпечення нормальних теплових режимів їх роботи;  $S_{\text{шт}}$  – площа, необхідна для розміщення елементів кріплення (штифтів).

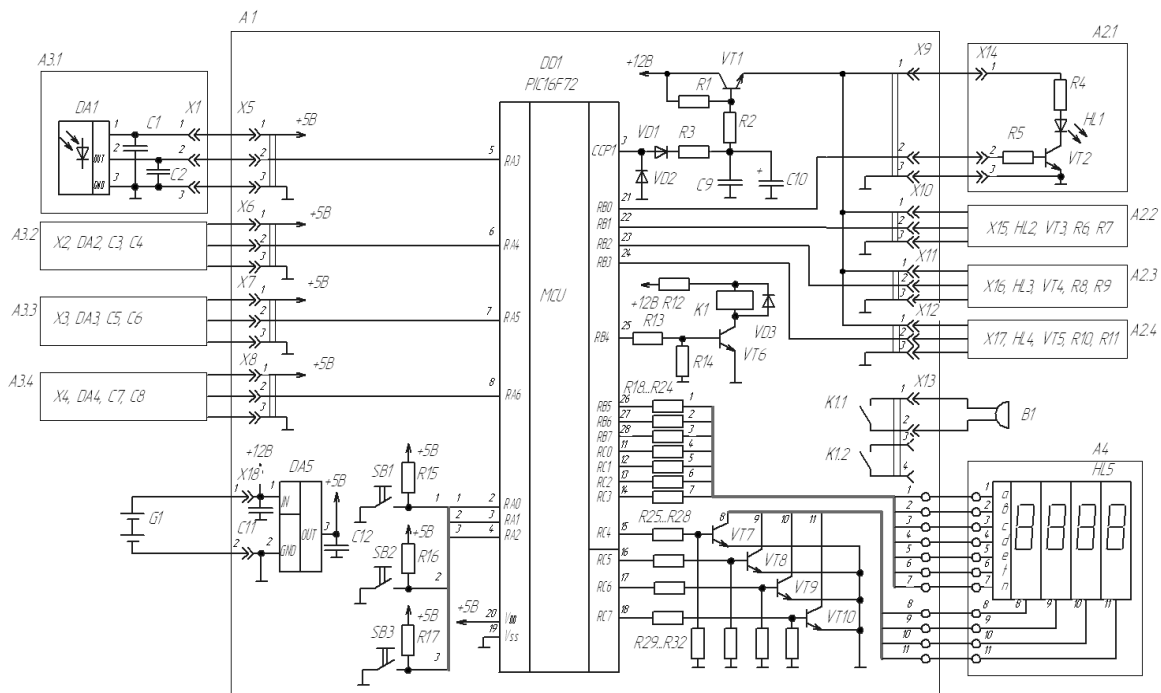


Рис. 2. Електрична принципова схема пристрою

В результаті розрахунків за формулою (1) встановлено, що площа друкованої плати має бути  $S_{\text{дп}} = 4327 \text{ мм}^2$ . провідників і навісних елементів на платі. Подальшу розробку топології друкованої плати було виконано в графічному редакторі PCAD PCB.

Також було розроблено і відлагоджено відповідне програмне забезпечення мікроконтролера.

При встановленні розробленої багатофункціональної системи на ПСК та ППЗ представляється доцільним використання багатопробових оптичних інфрачервоних

датчиків, аналогічних використаним у безконтактних вимикачах серії ВБО компанії ООО «Техноком-Ост». При цьому перший канал системи контролює перетин площини вхідних дверей ПСК або ППЗ. Датчик пропонується встановити на висоті 1 м від поверхні підлоги біля входу. Другий канал контролює перетин площини дверцят окремих комірок розподільчої установки (рис. 3). Третій канал контролює наближення персоналу безпосередньо до струмоведучих частин. Розташування датчиків – на стінах КРУ з внутрішньої сторони комірок. Четвертий канал при цьому доцільно задіяти під керування системою опалення об'єкта, приєднавши до нього термодатчик.

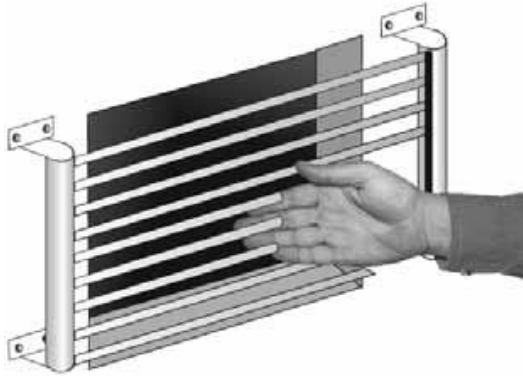


Рис. 3. Варіант розташування інфрачервоного датчика біля огороження комірки КРУ

### Висновки

За результатами виконаної роботи можна зробити наступні висновки.

1. Впровадження елементів інтелектуальних електричних мереж є загальносвітовою тенденцією, яка не оминає і енергетичне господарство залізниць України.

2. Зазначене впровадження реалізується головним чином у вигляді встановлення модулів ІДК "Регіна" на окремих тягових підстанціях та диспетчерських центрах залізниць та Укрзалізниці. Основна увага при цьому приділяється моніторингу основних параметрів роботи системи, реєстрації аварійних та поставарійних станів елементів системи, тощо.

3. В той же час в ІДК "Регіна" не передбачено цілий ряд функцій контролю важливих з точки зору безпеки експлуатації даних об'єктів та економічності їх роботи. До того ж, на таких об'єктах, як ПСК та ППС модулі інтелектуальних систем взагалі відсутні.

4. Виконані в роботі розрахунки та дослідження дозволили розробити дослідний зразок багатофункціонального контролюючого пристрою разом із програмним забезпеченням, який має доповнити можливості існуючих інтелектуальних систем функціями моніторингу доступу персоналу у розподільні установки та їх окремі частини, контролю дотримання безпечних відстаней від струмопровідних частин при виконанні робіт, управління опаленням та освітленням приміщень а також виконувати функції сигналізації при спробах несанкціонованого доступу сторонніх осіб.

5. В роботі обрано елементну базу пристрою, розташування окремих елементів, що дозволило визначити масо-габаритні показники пристрою, можливі місця його встановлення вартість компонентів, яка склала близько 300 грн. Тобто при серійному виробництві пристроїв має усі шанси виявитись набагато дешевшим, ніж комплекс існуючих пристроїв, здатних у своїй сукупності виконувати аналогічні завдання.

6. Наявність дослідного зразка пристрою відкриває широкі можливості по проведенню подальших експериментальних досліджень розробленої системи у плані надійності її роботи, чутливості та особливостей використання датчиків різних типів у її складі при їх різних варіантах розташування у просторі, ресурсних випробувань системи, тощо, в тому числі як на реальних об'єктах системи електропостачання залізниць України, так і на підстанціях міського електричного транспорту та метрополітенів.

**Бібліографічний список**

1. Некоторые тенденции развития АСУ технологическими процессами на подстанциях энергосистем [Текст] / Б. С. Стогний и др. // Технічна електродинаміка. – 2003. – № 5. – С.44-49.
2. Аналіз роботи господарства електрифікації та електропостачання в 2011 році [Текст]: Підстава: Наказ Укрзалізниці № 152-ЦЗ від 22.05.12. / Міністерство інфраструктури України. – К., 2011. – 324 с.
3. Головне управління електрифікації та електропостачання [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [http://www.uz.gov.ua/about/general\\_information/main\\_departments/departments\\_of\\_electrification\\_and\\_power\\_supply](http://www.uz.gov.ua/about/general_information/main_departments/departments_of_electrification_and_power_supply).
4. Тутик, В.Л. Засоби моніторингу систем електропостачання залізниць [Електрон. ресурс] / В. Л. Тутик, Ю. В. Пилипенко, Р. Б. Каменський, П. Й. Тарасович, І. В. Невечера, В. М. Стретович – Режим доступу: <http://ess.kpi.ua/index.php/ru/joomla/arkhiv-konferentsi/ess10?layout=edit&id=55>.
5. Эксплуатация и ремонт тяговых подстанций электрифицированных железных дорог. [Текст] / Н. Н. Волков и др. – М.: Транспорт, 1975. – 312 с.
6. Кузнецов, В. Г. Автоматизированная система учета и контроля электроэнергии дистанций электроснабжения железных дорог [Текст]: Дис. канд. техн. наук: 05.22.09 / В. Г. Кузнецов. – Днепропетровск: Днепропетровский гос. технический ун-т железнодорожного транспорта – 2002. – 189 с.
7. Пухальский, Г. И. Проектирование дискретных устройств на интегральных микросхемах [Текст]: справочник / Г. И. Пухальский, Т. Я. Новосельцева. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
8. Ярочкина, Г. В. Радиоэлектронная аппаратура и приборы: Монтаж и регулировка [Текст]: / Г. В. Ярочкина. – М.: ПрофОбрИздат, 2002. – 235 с.

**Ключові слова:** електробезпека, інтелектуальний пристрій, мікроконтролер, інфрачервоний датчик.

**Ключевые слова:** электробезопасность, интеллектуальное устройство, микроконтроллер, инфракрасный датчик.

**Keywords:** electrical safety, intelligent device, microcontroller, infrared sensor.

Надійшла до редколегії 11.03.2013