

# ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 621.311

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.2-66.8>

**Бех Я. П.**, аспірант кафедри «Автоматика та телекомунікації»  
Українського державного університету науки і технологій  
ORCID: 0009-0005-6697-8727

## АНАЛІЗ РЕЗЕРВНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

*Пристрої автоматики та телемеханіки на залізничному транспорті (СЦБ) призначені для автоматизації процесів, пов'язаних з управлінням рухом поїздів, забезпечення безпеки та необхідної пропускної спроможності залізниць, а також оптимізації процесу перевезень.*

*Рух поїздів по перегонах, поїзна та маневрова робота на станціях здійснюються в умовах безперервної динамічної обстановки. В таких умовах для швидкої передачі різних наказів та вказівок локомотивним бригадам та іншим працівникам, пов'язаним із рухом поїздів, застосовують залізничну сигналізацію. Вона дозволяє регулювати рух поїздів на перегонах, поїзну та маневрову роботу на станціях та забезпечує безпеку руху.*

*Пристрої автоматики та телемеханіки, що використовуються в даний час на залізничному транспорті, по задачах і області застосування, що вирішуються, ділять на перегонні і станційні.*

*Перегонні системи регулюють рух поїздів на перегонах, до них відносяться:*

– напівавтоматичне блокування регулює рух поїздів на ділянках з неінтенсивним рухом, правом на заняття поїздом перегону є дозвіл вихідного світлофора станції;

– автоматичне блокування регулює рух поїздів за допомогою колійних світлофорів, встановлених на перегоні, які поділяють перегін на блок-ділянки. Покази прохідних світлофорів змінюються автоматично під дією поїздів, що рухаються. Основним елементом автоматичного блокування є рейкові ланцюги, головне призначення яких – визначення місцезнаходження поїзда;

– автоматична локомотивна сигналізація підвищує безпеку руху поїздів та покращує умови праці локомотивних бригад – показання колійних світлофорів передаються безпосередньо до кабіни машиніста;

– автоматичний диспетчерський контроль дає можливість зосередити інформацію про поїзну ситуацію та показання вхідних та вихідних станційних світлофорів у межах диспетчерського кола на табло поїзного диспетчера. Ця інформація дозволяє оперативно керувати рухом поїздів, вживаючи своєчасних заходів щодо виконання графіка руху.

*Станційні системи регулюють рух поїздів на станціях та великих ділянках, це:*

– електрична централізація стрілок та сигналів;

– диспетчерська централізація є найбільш досконалим та ефективним засобом регулювання руху поїздів на залізницях;

– автоматизація сортувальних гірок – комплекс пристроїв, що підвищує переробну здатність сортувальних гірок.

Ключові слова: пристрої залізничної автоматики, електропостачання залізниць, резервні джерела живлення, сонячні батареї.

### ***Bekh Ya. P. Analysis of reserve power supply systems of railway automation devices***

*the use of signaling, centralization and blocking systems (SCB) makes it possible to increase the throughput and carrying capacity of railways, ensuring safe and uninterrupted movement of trains, and reduces the turnaround time of cars, increasing the speed of passenger and freight deliveries.*

*Automation and telemechanics devices currently used in railway transport, according to the tasks they solve and areas of application, are divided into stage and station ones.*

*Semi-automatic blocking regulates the movement of trains in areas with light traffic. Automatic blocking regulates the movement of trains using track traffic lights installed on the stretch, which divide the stretch into block sections. The indications of passing traffic lights change automatically under the influence of moving trains. The main element of the battery is track circuits, the main purpose of which is to determine the location of trains. Automatic locomotive signaling increases train safety and improves working conditions for locomotive crews. With their help, the readings of track traffic lights are transmitted directly to the driver's cabin.*

*Automatic crossing signaling and automatic barriers ensure the safety of train traffic when crossing railways at the same level as roads. These devices automatically activate traffic signal devices for vehicles and close the barrier when a train approaches and open it after the train has passed.*

---

*Station systems regulate the movement of trains in stations and large areas: – electrical centralization of switches and signals – a set of automation and telemechanics devices that provide control of switches and signals of the entire station from one point by the station duty officer; – dispatch centralization is the most advanced and effective means of regulating train movement on railways. This system combines automatic blocking devices, electrical centralization and coded telecontrol and tele-signaling systems. It allows you to control switches and signals from one point and makes it possible to concentrate all administrative and executive functions for regulating train traffic at the train dispatcher; – automation of sorting humps – a set of devices that increases the processing capacity of sorting humps.*

*Therefore, ensuring their reliable operation, even in emergency situations, is an important task, and the use of alternative solutions provides economic and technical reserves.*

*Key words: devices of railway automation, power supply of railways, backup power sources, solar batteries.*

**Постановка проблеми.** Надійне та безперервне електропостачання потребується для стабільної роботи пристроїв автоматики та телемеханіки залізничного транспорту. Пристрої СЦБ та інші електроспоживачі залізниць відносяться до різних груп електроспоживачів та електроприймачів.

Електроприймачі, перебої в електропостачанні яких можуть привести до небезпеки для життя людей, значного збитку державі, масового браку при перевезеннях, виходу із ладу устаткування, пошкодження важливих елементів належать до споживачів першої категорії. Тому отримання постійного, надійного живлення від енергосистем, електростанцій, підстанцій або ліній електропередачі, що мають достатньо стабільну частоту, напругу та потужність на своїх шинах є головною ціллю безпеки для таких отримувачів живлення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розглянуто схеми, конструкцію, принцип дії та особливості функціонування первинних та вторинних джерел електричної енергії живлення систем залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку. Наведено класифікації випрямлячів, стабілізаторів, інверторів, методу розрахунку та вибору параметрів пристроїв електроживлення систем автоблокування та електричної централізації [1].

Наведена методологія, що дозволяє поєднувати якісні та кількісні оцінки різних факторів ризику для прийняття інтегрального рішення при приєднанні відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання. Підтримка надійності, стабільності та ефективності електричної системи стає складним питанням для розподільних мереж із змінними енергетичними ресурсами. Збільшення частки сонячних електричних станцій у генерації енергосистеми становить великий виклик для ефективного управління розподільною мережею та серйозну загрозу її нормальному функціонуванню [2].

Визначення, з метою забезпечення сумісності між рухомих складом і колійними колами, обмеження для провідних перешкод від рухомого складу та підтвердження відповідності рухомого складу цим обмеженням [3].

Встановлення вимог до допуску рухомого складу до інфраструктури у сфері: – узгодження принципів захисту між джерелом живлення та тяговими одиницями, особливо розпізнавання несправностей при коротких замиканнях; – узгодження встановленої потужності на лінії та потреби в електроенергії поїздів; – узгодження рекуперативного гальмування тягового агрегату та сприйнятливості джерела живлення; – координація гармонійної поведінки [4].

Оцінено енергоефективність системи електротяги та якість електроенергії електричної мережі. Досліджено електромагнітну сумісність (ЕМС) тягових і нетягових споживачів. Досліджується поширення тягового струму, а також третьої гармоніки [5].

Дослідження електромагнітної сумісності в залізничному середовищі, зокрема, у чотирьох дослідницьких галузях: системах спостережної сигналізації, колійних ланцюгах, GSM-R та службах радіомовлення [6].

Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» це документ, який визначає стратегічні цілі розвитку енергетичного комплексу України на період до 2035 року [7].

Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення [8].

**Мета статті.** Дослідження шляхів удосконалення системи резервного електроживлення пристроїв залізничної автоматики.

**Виклад основного матеріалу.** Приймачі першої категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел живлення й перерва їхнього електропостачання може бути допущена тільки на час автоматичного включення резервного живлення.

Для приймачів першої категорії необхідно передбачати додаткове електропостачання від третього незалежного джерела. Для цього використовують автоматизовані дизель-генератори або акумуляторні батареї [1, 2].

Саме тому задача модернізації системі резервного електроживлення пристроїв залізничної автоматики з метою підвищення надійності і якості електропостачання є актуальною.

Високовольтні лінії СЦБ поділяють на окремі ділянки – плечі живлення. Кожне плече повинно забезпечуватись двостороннім живленням від пунктів основного й резервного живлення, які розташовані по кінцям

дільниці. Це відноситься й до ліній поздовжнього електропостачання, які використовуються для резервного живлення пристроїв СЦБ.

У системі живлення змінним струмом довжина плеча не повинна бути більшою 50 км (рис. 1). Електроживлення кожного плеча ВЛ СЦБ та ВЛ ПЕ виконується роздільним і, крім того, електроживлення кожного плеча ВЛ СЦБ повинно проходити через ізолюючі трансформатори.

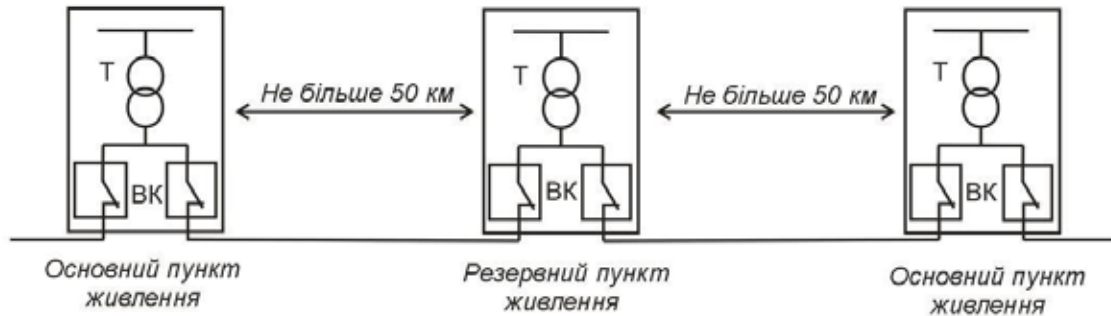


Рис. 1. Схема живлення ВЛ СЦБ при системі змінного струму

На ділянках з великою інтенсивністю руху, де суміжні пункти живлення не досить надійні або де при надійних пунктах живлення відстань між ними перевищує 50 км, для зменшення довжини лінії, що вимикається під час аварій, на кожен ділянку лінії доцільно подавати електричну енергію одночасно з обох боків назустріч один одному із розривом всередині та установкою пункту секціонування, який є резервним пунктом живлення (рис. 2) [1].

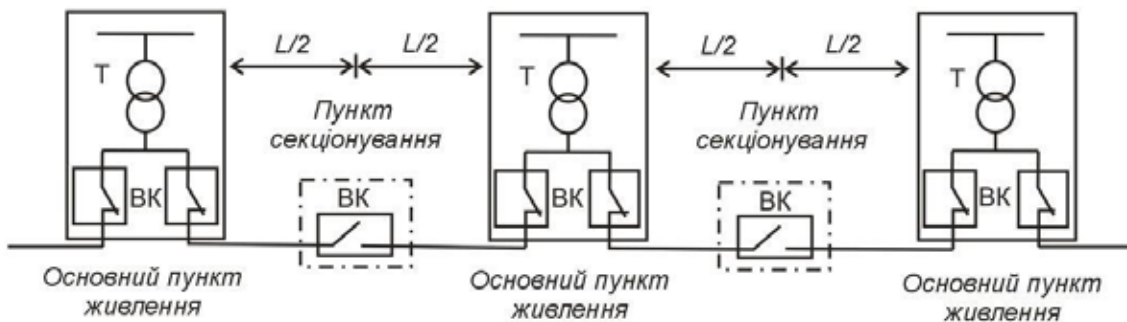


Рис. 2. Установка пункту секціонування на електрифікованих ділянках

Якщо пристрої АБ отримують електроживлення від телекерованих тягових підстанцій, фідерні вимикачі живильних пунктів автоблокування також вмикаються в загальну систему телекерування. По можливості пункти живлення автоблокування повинні мати однакову фазу та в необхідних ситуаціях допускати паралельну роботу трансформаторів.

У змішаній системі живлення, так само як і при системі змінного струму, всю високовольтну лінію ділять на окремі ділянки, тобто плечі живлення, кожне з яких отримує живлення з обох кінців (рис. 3). Довжина плеча живлення не може бути більшою 40 км.



Рис. 3. Схема електроживлення ВЛ СЦБ при змішаній системі

У разі неможливості дотримання значень довжин від наявних джерел енергії для електроживлення пристроїв СЦБ, між ними розміщують автоматизовані резервні електричні станції. Якщо відстань між

---

наявними пунктами живлення перевищує 40 км, то замість резервного пункту живлення допускається обладнати автоматичний пункт секціонування. Автоматичний пункт секціонування в нормальному режимі живлення високовольтної лінії ділить останню на дві частини, а при відключенні одного із суміжних з ним пунктів автоматично з'єднує обидві частини лінії, подаючи в них живлення з одного кінця [1].

Резервне живлення АБ відбувається від акумуляторних батарей, при цьому ємність акумуляторів приймається з урахуванням добового резерву. На основних пунктах живлення високовольтні фідери автоблокування, роблять роздільними для кожного плеча живлення й монтують на закритих підстанціях. На пунктах резервного живлення високовольтні фідери АБ можуть бути загальними на два плеча живлення з наступним їхнім розподілом на підстанціях або повітряних розподільних пунктах.

Передбачають по одному роз'єднувачу наприкінці кожного перегону в силовій опорі для живлення вхідного світлофора (з боку перегону). В середині включають ще один роз'єднувач, якщо довжина перегону буде більшою 10 км. Незалежно від системи електроживлення роз'єднувачі, які встановлені біля вхідних світлофорів з боку перегону й в середині перегону, обладнують електроприводами з дистанційним керуванням від чергового по станції або диспетчера.

Аналогічними є схеми пунктів живлення пристроїв диспетчерської централізації щодо розглянутих схем енергопостачання пристроїв АБ [1, 5].

Одні із важливих та необхідних елементів засобів залізничної автоматики та телемеханіки вважаються живильні панелі на постах ЕЦ. Тому у разі їх несправності може статися повна відмова в роботі пристроїв електричної централізації та масових затримок поїздів. Розглянуті можливі шляхи усунення недоліків, власних магнітним пускачів (контакторів) і схемами управління ними.

Відповідно до проведеного аналізу найчастіше виходять з ладу:

- 30,5 % – магнітні пускачі (контактори);
- 19,6 % – захисні автомати;
- 18,5 % – запобіжники;
- 13 % – монтаж;
- 7 % – зарядні пристрої;
- 5,4 % – тумблери і пакетні вимикачі [5].

Крім того, близько 40 % панелей електроживлення давно виробили свій термін експлуатації та потребують заміни.

До головних причин пошкоджень магнітних пускачів (контакторів) живильних панелей в порядку спадання за частотою відмов відносяться:

- зникнення електричного контакту в силових (внаслідок підгорання або зламу пружини) та допоміжних контактах;
- несправності магнітної системи через зношування контактуючих поверхонь або несправності короткозамкненого витка, що виражається в сильному гудінні і вібрації пристрою;
- пошкодження або злам котушки з причини згорання обмотки або міжвиткового замикання.

Незважаючи на конкретні конструктивні недоліки ці причини носять комплексний характер. Так, наприклад, зникнення електричного контакту в силових та допоміжних контактах відбувається через несвоєчасне їх очищення та регулювання. Крім цього, відкрита конструкція допоміжних контактів на тлі використання в конструкції наклепів звичайних матеріалів, які легко окислюються (міді, латуні та ін.) замість спеціалізованих сплавів у поєднанні з відсутністю можливості їх резервування теж знижують надійність. Це характерно практично для всіх типів магнітних пускачів (контакторів) [1, 5].

Без спеціально розроблених технічних рішень та застосування сучасної елементної бази підвищити надійність роботи силових комутуючих вузлів панелей електричного живлення не представляється можливим.

Перспективним є впровадження сонячних батарей на переїздах. Акумуляторні батареї забезпечують роботу електроприводів автошлагбаумів і резервування вогнів переїзних світлофорів при відключенні змінного струму. Для пристроїв переїзної сигналізації з автошлагбаумами використовуються батареї на 28 В, без автошлагбауму – на 14 В. Потужність пристроїв переїзної сигналізації з автошлагбаумом визначається потужністю двигуна постійного струму типу СЛ-571к, яка складає 95 Вт, або двигуна змінного струму типу АИР56В4Б 18 Вт та двох лампочок світлофору типу ЖС-12 30 Вт. Таким чином, необхідно передбачити резервування навантаження потужністю 125 або 48 Вт. Двигуни типу СЛ-571к є застарілими. Потужність пристроїв переїзної сигналізації без автошлагбауму враховує потужність двох ламп переїзної сигналізації та дзвінка при нарузі живлення 24 В – 9,6 Вт і при 12 В – 4,8 Вт. Тому потужність, яку необхідно резервувати, 40 або 35 Вт [1, 2, 6].

При розрахунках потужності сонячних панелей одним з головних факторів є рівень інсоляції місцевості. Найбільший рівень інсоляції у центральній та південній Україні, тому вигідніше буде застосовувати запропонований спосіб резервування електричного живлення на перегонах цієї місцевості. Найкращим вибором фотоелемента даної панелі буде монокристалічний тип, так як він має більшу потужність на одиницю площі ніж полікристалічний. Однак і коштує більше. Полікристалічні сонячні батареї коштують приблизно

40 центів за 1 Вт, а монокристалічні – до 60 центів за 1 Вт. Не менш важливим є температурний коефіцієнт потужності – зменшення потужності, при збільшенні температури навколишнього середовища. Коефіцієнт сильно залежить від якості фотоперетворювачів. На даний момент деякі панелі мають термін експлуатації до двадцяти років, за цей час вони встигнуть себе окупити і навіть принести прибуток [5].

На станціях даний спосіб резервування буде менш вигідним, оскільки загальне навантаження значно більше та складає близько 40...60 кВА, потужність пристроїв гарантованого живлення – 12...48 кВА в залежності від кількості стрілок на крупних станціях. Потужність пристроїв гарантованого живлення постійної напруги 700...850 Вт. Напруга живлення АБ 24 В, ємність 216...360 А-год. Тому потужність резервування, яку необхідно забезпечити, важко буде досягти одними сонячними панелями.

При безакумуляторній системі електроживлення ЕЦ від перетворювачів (інверторів) типу ИТ-0,3-24, установлених на панелі ПВПМ-ЕЦК, отримують живлення (у випадку відключення всіх джерел змінного струму) наступні навантаження гарантованого змінного струму: станційні блоки дешифраторів кодового АБ, прилягаючих до станції блок-ділянок; схеми зміни напрямку руху та контролю прилеглих перегонів (при організації двостороннього руху поїздів); схеми ДСН на прилеглих перегонах; схеми ДСН на станції; схеми огороження поїздів [6].

Номінальні (максимальні) потужності цих навантажень приведені в розрахунковій табл. 1.

Таблиця 1

### Розрахунок навантажень перетворювачів

Навантаження	Вимірювач	Потужність навантаження		Кількість одиниць виміру	Максимальна потужність навантажень	
		P, Вт	Q, ВАр		P, Вт	Q, ВАр
Схема зміни напрямку (блок ДСПН-2)	Підхід	12,7	6,0	5	63,5	30
Схема ДСН	Пост ЕЦ	36,5	5,0	1	36,5	5
Станційні дешифратори автоблокування	Підхід	16,6	16,8	5	83	84
Схема ДСН на перегоні (блок ДСНП-2)	Підхід	12,7	6,0	5	63,5	30
Всього		–	–		246,5	149

Розрахунок потужності перетворювачів виконується за результатами розрахунку максимальної потужності навантажень  $S_m$ :

$$S_m = \sqrt{(\sum P_m)^2 + (\sum Q_m)^2}, \quad (1)$$

$$S_m = \sqrt{246,5^2 + 149^2} = 288,03 \text{ ВА.}$$

Приймаємо перетворювачі потужністю 300 Вт.

Треба мати на увазі, що навантажувальна здатність перетворювачів істотно залежить від коефіцієнта потужності навантаження:

$$\cos \varphi_m = \frac{\sum P_m}{S_m}, \quad (2)$$

$$\cos \varphi_m = \frac{246,5}{288,03} = 0,856.$$

Реальний коефіцієнт потужності виявився меншим 0,9, тому навантаження на перетворювач повинно бути зменшене.

Допустимо в цьому випадку навантаження, яке можна підключити до перетворювача визначається за формулою:

$$P_{дон} = \frac{1,76 \cdot P_{ном}}{1 + \frac{1,57 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_m}}{\cos \varphi_m}}, \quad (3)$$

$$P_{дон} = \frac{1,76 \cdot 300}{1 + \frac{1,57 \cdot \sqrt{1 - 0,856^2}}{0,856}} = 270,91 \text{ Вт.}$$

Оскільки потужність навантаження менша ніж  $P_{дон}$ , то залишаємо перетворювачі потужністю 300 Вт.

---

Коефіцієнт завантаження перетворювачів визначається за виразом:

$$K_n = \frac{P_n}{P_{ном}}, \quad (4)$$

де  $P_{ном}$  – номінальна потужність перетворювачів з урахуванням його настройки на максимальну потужність навантаження,

$$K_n = \frac{246,5}{300} = 0,822.$$

Коефіцієнт потужності впливає не тільки на використання встановленої потужності перетворювачів, але також і на їх коефіцієнт корисної дії (ККД). Тому ККД перетворювачів визначається з урахуванням коефіцієнта потужності  $\eta_\phi$  та завантаження  $\eta_n$ :

$$\eta_n = \frac{\eta_\phi \cdot \eta_n}{0,82}, \quad (5)$$
$$\eta_n = \frac{0,77 \cdot 0,82}{0,82} = 0,77.$$

Із урахуванням величин  $P_n$  та  $\eta_n$  визначається струм перетворювачів  $I_n$ , який споживається перетворювачем від батареї, і складає:

$$I_n = \frac{P_n}{\eta_n \cdot U_\phi}, \quad (6)$$

де  $U_\phi$  – номінальна напруга акумуляторної батареї, яка складає 24 В,

$$I_n = \frac{246,5}{0,77 \cdot 24} = 13,34 \text{ А}.$$

Зараз питання електропостачання постів ЕЦ та інших станційних приміщень, а також перегінних пристроїв СЦБ вирішуються згідно з вимогами нормативних документів, затверджених Міністерством інфраструктури України. У своїй основі ці документи базуються на вимогах ПУЕ. При цьому живлення передбачається від поєднаних або спеціальних комплексних трансформаторних підстанцій (КТП), а іноди і від власних фідерів 0,4 кВ [1, 4]. Станційні облаштування автоматики магістрального залізничного транспорту (пости ЕЦ) в основному отримують електроенергію від трифазних трансформаторних підстанцій з вторинною напругою 380/220 В і глухозаземленою нейтраллю. Проектування схем електропостачання і заземлення відбувається згідно з погодженими нормативними документами та діючими Державними стандартами [7, 8].

Принципово введення живлячої напруги відбувається наступним чином: від трансформаторної підстанції введення в постову будівлю здійснюється чотирижильним кабелем, який підключається до клем щита ввідного перемикачів (ЩВП), що призначених для знеструмлення приміщення при пожежній небезпеці. Далі напруга подається внутрішнім чотирижильним кабелем на ввідну панель ПВ1-ЕЦК, в якій по кожній фазі встановлені пристрої захисту. Корпуси ЩВП, ПВ1-ЕЦК і інших панелей електроживлення підключаються до нуля через четверту жилу кабелю, з'єднану з нейтраллю трансформатора (нульовий робочий провідник). Біля постової службово-технічної будівлі обладнується заземлювач, який з'єднаний з контурами магістралей заземлення в службових кімнатах (релейною, зв'язковою, генераторною), які заземлюються провідниками об'єднанні з корпусами стативів, панелей, ЩВП, пультом-табло. Через що створюється повторне заземлення устаткування. До цих же заземлюючих пристроїв (ЗП) підключені прилади захисту від перенапруги. Електроживлення пристроїв СЦБ (реле, світлофори, рейкові кола, контрольні і робочі кола стрілочних електроприводів) відокремлено від трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю розділовими трансформаторами, що розташовуються в закритих панелях живлення. Ізоляція джерел живлення пристроїв СЦБ безперервно контролюється сигналізаторами заземлення з питомою чутливістю 1 кОм/В. Через що напруга, що подається на стативи з апаратурою і на виконавчі пристрої СЦБ, ізолювана від землі, що дає можливість використати однополюсне розмикання кіл. Для підтримки нормального рівня ізоляції віддалені від поста навантаження змінного струму з номінальною напругою 220 В згруповані в окремі розділові трансформатори з максимальною потужністю 1,5 кВ-А [2, 6].

**Висновки з даного дослідження та перспективи подальших розвідок у даному напрямку.** До споживачів першої категорії відносять пристрої електричної централізації за надійністю електроживлення. Найбільш вимогливих до надійності електроживлення виділяють групу серед усіх споживачів першої категорії. Споживачі цієї групи повинні мати третє незалежне джерело електроенергії – ДГА.

В системі живлення автоблокування змінним струмом сигнальні установки отримують електроенергію від двох трансформаторів, що приєднані до ліній основного (ВЛ СЦБ 6 (10) кВ) та резервного (ВЛ ПЕ 6 (10) кВ) електроживлення.

---

Надійним резервом для живлення пристроїв АБ при припиненні подачі електричної енергії від ВЛ СЦБ виступають лінії поздовжнього електропостачання, в свою чергу отримуючи живлення від тягових підстанцій. Резервування лінійних трансформаторів відбувається у випадку відсутності другого високовольтного кола.

Використання змішаної системи живлення передбачається тільки для залізничних ділянок з автономною тягою, а живлення системи змінним струмом від ВЛ СЦБ. У разі відключення джерела змінного струму, пристрої переходять на живлення від акумуляторів.

Одним із рішень для поліпшення параметрів якості електроенергії, полегшення умов праці обслуговуючого персоналу за рахунок модернізації системи резервного електропостачання пристроїв залізничної автоматики є запровадження сонячних батарей та акумуляторів нового покоління закритого типу на пристроях переїзної сигналізації.

На станціях із кількістю стрілок більше 30, є можливість забезпечити електропостачання пристроїв МРЦ по двох окремих лініях від двох незалежних джерел зовнішніх мереж змінного струму. В якості третього незалежного джерела живлення передбачається ДГА, і тоді електроживлення пристроїв МРЦ відбувається по безбатарейній системі [1, 5].

Для захисту від перенапружень (атмосферних і комутаційних) на високій і низькій стороні різних КТП передбачаються обмежувачі перенапружень, розрядники, іскрові проміжки, оскільки при дії на високовольтну обмотку трансформатора блискавки, 40 % перенапружень здатні навістись ємнісним шляхом. Вибір обмежувачів перенапруження (ОПН) робиться без урахування часу відключення однофазних коротких замикань, тобто по найбільшій робочій напрузі. Захист трансформатора з високої сторони відбувається високовольтними запобіжниками, які забезпечують тільки максимальний захист. Захист трансформатора по низькій стороні від струмів відбувається автоматичними вимикачами, але захист від неповно фазного режиму не передбачають, тому відключити трансформатор при такому виді ушкодження неможливо [6].

Варто додати, що робота обладнання при тривалих перенапруженнях утворює прискорене старіння ізоляції, що призводить до порушення ізоляції кабелів та обладнання, що може створити пожежу. До початку війни, на мережі залізниць експлуатувалось понад 5000 постів електричної централізації. Споруди і обладнання ЕЦ знаходяться в експлуатації різний проміжок часу, багато з них вже експлуатуються понад 50 років, тобто набагато більше нормативного терміну служби.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гаврилюк, В. І. Електроживлення систем залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку: монографія / В. І. Гаврилюк, В. Г. Сиченко, Т. М. Сердюк; за заг. ред. В. І. Гаврилюка; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2016. 193 с.
2. Characteristics of the electric power distribution in electrical measures of the secondary purpose: State standard DSTU EN 50160: 2014 (EN 50160: 2010, IDT). [Valid from 10.10.2014]. Kyiv (Ukraine). 2014. 27 p.
3. CENELEC CLC/TS 50238-2, (2010). Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems – Part 2: Compatibility with track circuits. CENELEC prEN 50238-2 (draft, Pr. 15360). (2009). Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems – Part 2: Compatibility with track circuits. 74.
4. CENELEC EN 50388. (2005). Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability.
5. Tetiana Serdiuk, «Electromagnetic Compatibility and Power Quality of Traction and Non-Traction Consumers», Electromagnetic Compatibility – EMC EUROPE 2020 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Date of Conference 23-25 Sept. 2020, INSPEC Accession Number: 20166733, DOI: 10.1109/EMCEUROPE48519.2020.9245735. Publisher: IEEE. Conference Location: Roma, Italy.
6. Serdiuk T., Kuznetsov V., Serdiuk K., Nikolenko A., Kuznetsova Ye., Kuznetsova A. «Improvement of technical service of track circuits», Published in: 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS); Date of Conference: April 17-19, 2019 Kyiv, Ukraine; IEEE Catalog Number: CFP19U02-USB; ISBN: 978-1-7281-2159-8. Publisher: IEEE. Conference Location: Kyiv, Ukraine. Pages: 28 – 32.
7. Ukraine's Energy Strategy for 2035: «Security, Energy Efficiency, Competitiveness» Approved by the Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 18, 2017. N 605-p. Kyiv, 2017. – 73 p. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>.
8. Electric energy. Standards for the quality of electric energy in power supply systems of general purpose: GOST 13109-97. [Introduction 01.01.2000]. Kyiv: Publishing house of standards, 1998; Gosstandart of Ukraine, with ext. et al., 1999. 31 p.

#### **References:**

1. Gavrylyuk, V. I. [Elektrozhyvlennia system zaliznychnoi avtomatyky, telemekhaniky ta zviazku] Power supply of railway automation, telemechanics and communication systems: monograph / V. I. Gavrylyuk,

---

V. G. Sychenko, T. M. Serdyuk; in general ed. V.I. Havrylyuk; Dnipropetrovsk national Railway University transp. named after Acad. V. Lazaryan. Dnipropetrovsk, 2016. 193 c.

2. Characteristics of the electric power distribution in electrical measures of the secondary purpose: State standard DSTU EN 50160: 2014 (EN 50160: 2010, IDT). [Valid from 10.10.2014]. Kyiv (Ukraine). 2014. 27 p.

3. CENELEC CLC/TS 50238-2, (2010). Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems – Part 2: Compatibility with track circuits. CENELEC prEN 50238-2 (draft, Pr. 15360). (2009). Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems – Part 2: Compatibility with track circuits. 74.

4. CENELEC EN 50388. (2005). Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability.

5. Tetiana Serdiuk, «Electromagnetic Compatibility and Power Quality of Traction and Non-Traction Consumers», Electromagnetic Compatibility – EMC EUROPE 2020 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Date of Conference 23-25 Sept. 2020, INSPEC Accession Number: 20166733, DOI: 10.1109/EMCEUROPE48519.2020.9245735. Publisher: IEEE. Conference Location: Roma, Italy.

6. Serdiuk T., Kuznetsov V., Serdiuk K., Nikolenko A., Kuznetsova Ye., Kuznetsova A. «Improvement of technical service of track circuits», Published in: 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS); Date of Conference: April 17-19, 2019 Kyiv, Ukraine; IEEE Catalog Number: CFP19U02-USB; ISBN: 978-1-7281-2159-8. Publisher: IEEE. Conference Location: Kyiv, Ukraine. Pages: 28 – 32.

7. Ukraine's Energy Strategy for 2035: «Security, Energy Efficiency, Competitiveness» Approved by the Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 18, 2017. N 605-p. Kyiv, 2017. – 73 p. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>.

8. Electric energy. Standards for the quality of electric energy in power supply systems of general purpose: GOST 13109-97. [Introduction 01.01.2000]. Kyiv: Publishing house of standards, 1998; Gosstandart of Ukraine, with ext. et al., 1999. 31 p.