

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2026-16-1-24>

УДК 621.311

О. О. Мірошник¹, д-р техн. наукВ. Г. Пазій¹, ст. викладачО. А. Савченко¹, канд. техн. наукД. Г. Миргород¹, аспірантТ. І. Галько², ст. викладач

ORCID: 0000-0002-6144-7573

ORCID: 0000-0002-7336-0854

ORCID: 0000-0002-6401-0852

ORCID: 0000-0002-5494-6227

ORCID: 0009-0002-6438-9636

¹ Державний біотехнологічний університет² Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторногоe-mail: omiroshnyk@btu.kharkiv.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ПРИСТРОЮ РС83-В1 КОМПАНІЇ «РЗА СИСТЕМЗ» ДЛЯ МОНІТОРИНГУ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ МЕРЕЖ 6–10 КВ

Анотація. У статті виконано аналітичне дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики РС83-В1, розробленого компанією «РЗА СИСТЕМЗ». Описано особливості застосування мікропроцесорного пристрою релейного захисту за напругою РС83-В1 для підвищення ефективності моніторингу аварійних режимів повітряних ліній електропередачі 6–10 кВ. Проведено порівняльний аналіз технічних характеристик сучасного цифрового терміналу та традиційних електромеханічних реле. Виконано техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації систем захисту за напругою з огляду на зниження експлуатаційних витрат та зменшення часу ліквідації аварій. Стаття містить детальний опис практичних рекомендацій щодо використання пристрою у конкретних умовах експлуатації.

Ключові слова: мікропроцесорний пристрій, релейний захист, захист за напругою, РС83-В1, електроенергетична система.

Постановка проблеми. В процесі експлуатації розподільних електромереж 6–10 кВ однією з найскладніших задач залишається оперативне виявлення та моніторинг аварійних режимів, зокрема однофазних замикань на землю та несиметрії напруг. Традиційна електромеханічна база, яка масово використовується на існуючих підстанціях, не здатна забезпечити необхідну точність вимірювань, функцію осцилографування та інтеграцію в сучасні системи диспетчеризації. Це ускладнює пошук пошкоджених ділянок повітряних ліній та збільшує час перерви в електропостачанні [1]. Відповідно, актуальним є дослідження технічних та економічних аспектів впровадження спеціалізованих цифрових терміналів напруги, таких як РС83-В1 від компанії «РЗА СИСТЕМЗ».

В процесі функціонування електроенергетичної системи (ЕЕС) [2–4] неминуче виникають аварійні режими, які порушують нормальну роботу обладнання та можуть призвести до значних наслідків для всієї системи. Однією з найнебезпечніших аварій у розподільних мережах середньої напруги 6–10 кВ з ізольованою або компенсованою нейтраллю є однофазні замикання на землю (ОЗЗ). Такі пошкодження супроводжуються появою напруги нульової послідовності ($3U_0$) та значною зворотною симетрією напруг (U_2), що призводить до поширення аварійного режиму на великі ділянки мережі та створює серйозну загрозу для стабільності електропостачання.

Особливо критичними однофазні замикання на землю стають в умовах воєнного стану. Енергетична інфраструктура України зазнає систематичних атак, що призводить до приско-



реного зносу обладнання, зниження загальної надійності мережі та обмеження ресурсів для її відновлення. Водночас вимоги до надійності електропостачання суттєво зростають, оскільки необхідно забезпечувати безперебійну роботу об'єктів критичної інфраструктури – засобів зв'язку, банківських установ, державних органів, а також систем водо- та теплопостачання, особливо в опалювальний період [5].

Для оперативної локалізації пошкоджених елементів і запобігання розвитку аварій у електроенергетичних системах широко застосовуються пристрої релейного захисту та автоматики (РЗА). Релейний захист є ключовим елементом забезпечення надійності ЕЕС і виконує функцію автоматичного виявлення аварійних ситуацій з подальшим відокремленням пошкодженої ділянки від справної частини системи. Це дозволяє мінімізувати наслідки аварії, зберегти працездатність більшої частини мережі та створити умови для швидкого відновлення нормального режиму роботи [6].

На сьогодні пристрої РЗА виготовляються на трьох основних елементних базах: електромеханічній, електронній та мікропроцесорній (цифровій). Електромеханічні реле є найстарішою технологією і, попри свій вік, досі становлять значну частку парку обладнання в Україні – за різними оцінками, до 70 % усіх пристроїв релейного захисту в ЕЕС країни продовжують експлуатуватися саме в електромеханічному виконанні. Електронні пристрої РЗА, які свого часу розглядалися як проміжне рішення, через низку технічних обмежень не отримали широкого поширення.

Найсучаснішим і перспективним напрямком розвитку є мікропроцесорні (цифрові) пристрої релейного захисту. Вони активно впроваджуються в українській енергетиці останніми роками, тоді як у розвинених країнах такі системи успішно експлуатуються вже понад 30 років. Цифрові РЗА забезпечують вищий рівень точності, швидкодії, надійності, функціональності та самодіагностики порівняно з попередніми поколіннями. Основними перевагами мікропроцесорних рішень є висока точність (похибка до 2 %), універсальність, самодіагностика, осцилографування, інтеграція в АСУ ТП та низьке енергоспоживання [7–9].

Формулювання мети статті. Проведення комплексного порівняльного аналізу технічних характеристик мікропроцесорного пристрою релейного захисту РС83-В1 та традиційних електромеханічних пристроїв захисту за напругою. Аналіз має встановити рівень ефективності, надійності, технічних переваг, а також техніко-економічної доцільності впровадження сучасних мікропроцесорних рішень для моніторингу та реагування на аварійні режими в електричних мережах напругою 6–10 кВ.

Аналіз останніх досліджень. Надійна та безаварійна експлуатація електроустановок безпосередньо залежить від підвищення технічного рівня систем релейного захисту та автоматики (РЗА), а також від впровадження комплексної автоматизації керування нормальними, аварійними та післяаварійними режимами роботи [2]. Така необхідність зумовлена безперервністю технологічних процесів виробництва, транспортування, розподілу та споживання електричної енергії.

Сучасні автоматизовані системи РЗА базуються переважно на мікропроцесорних (МП) пристроях, які інтегрують у собі десятки, а іноді й сотні функцій захисту, протиаварійної автоматики, контролю та управління в одному компактному терміналі. Важливою перевагою таких пристроїв є можливість їх інтеграції в єдину інформаційну мережу підстанції, що створює умови для реалізації концепцій «цифрова підстанція» та «Smart Grid» [7, 10, 11].

Ще однією ключовою особливістю сучасних МП-пристроїв є використання вільно-програмованої логіки (ВЛ). Ця технологія дозволяє користувачеві самостійно створювати або модифікувати алгоритми роботи пристрою відповідно до специфічних вимог об'єкта, що значно підвищує гнучкість застосування обладнання [12, 13].

Перехід на нову елементну базу не змінює фундаментальних принципів дії захисту та автоматики, а лише суттєво розширює їх функціональні можливості, спрощує експлуатацію та

обслуговування. При цьому в усіх поколіннях РЗА (від електромеханічних до цифрових) зберігаються три основні складові: схемотехніка, логіка роботи (алгоритми) та розрахунок уставок. Різниця полягає лише в їх співвідношенні та реалізації.

В електромеханічних пристроях логіка захисту повністю зрозуміла безпосередньо з принципової схеми – алгоритми прості й наочні. У мікропроцесорних терміналах зовнішня схема значно спрощується, а складні логічні взаємозв'язки «ховаються» всередині програмного забезпечення. Кількість реалізованих алгоритмів у одному пристрої різко зростає, що, з одного боку, підвищує функціональність, а з іншого – висуває значно вищі вимоги до кваліфікації персоналу служби РЗА. Фахівці повинні досконало володіти не лише знаннями електромеханіки, а й сучасними технологіями: правилами роботи з вільно-програмованою логікою, конфігуруванням програмного забезпечення, особливостями живлення, дискретними входами/виходами та питаннями електромагнітної сумісності (ЕМС) [14, 15].

Цифрова підстанція сьогодні є основним елементом інтелектуальної енергетики. У сучасних умовах від безперебійної роботи мережі залежить не лише локальна надійність окремого вузла, а й стабільність обміну інформацією та узгоджена робота всіх елементів енергосистеми в цілому. Саме тому вимоги до функціональності та надійності пристроїв РЗА постійно зростають [16, 17].

Основна частина. На сьогоднішньому ринку України представлено широку номенклатуру мікропроцесорних терміналів РЗА різних виробників, які відрізняються як за функціональними можливостями, так і за вартістю. Одним із перспективних вітчизняних рішень є багатофункціональний мікропроцесорний пристрій РС83-В1 виробництва компанії «РЗА-СИСТЕМЗ» [8].

Пристрій РС83-В1 призначений для реалізації повного комплексу захисту за напругою однієї секції шин у мережах 6–10 кВ (може застосовуватися й в мережах інших класів напруги). Він встановлюється безпосередньо в релейних відсіках комплектних розподільчих пристроїв (КРУ, КРУН, КСО), на панелях, у шафах або в релейних шафах зовнішньої установки. Пристрій може працювати як автономно, так і в складі комплексної системи РЗА [18].

РС83-В1 – це сучасний багатофункціональний цифровий пристрій, виконаний на високопродуктивній елементній базі із застосуванням технології поверхневого монтажу (SMD). Він поєднує в собі функції захисту за напругою, автоматики управління, контролю та сигналізації. Загальний вигляд пристрою РС83-В1 наведено на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд пристрою РС83-В1



Основні експлуатаційні можливості пристрою РС83-В1:

- виконання функцій захисту за напругою (ЗМН, ЗПН, ЗНЗ, ОБР) з можливістю гнучкого налаштування логіки спрацювання («І»/«АБО»);
- локальне та дистанційне конфігурування внутрішньої логіки, налаштування аварійного осцилографа, функцій світлодіодної індикації тощо з подальшим збереженням конфігурації;
- дистанційне перемикання двох груп уставок;
- сигналізація спрацювання захистів і автоматики через вихідні реле, світлодіоди та по каналу зв'язку з АСУ;
- реєстрація та зберігання осцилограм у форматі COMTRADE з можливістю перегляду через програму ComTradeViewer;
- ведення журналу подій (до 100 аварійних записів з фіксацією параметрів);
- контроль та індикація положення вимикача, місцеве та дистанційне керування вимикачем;
- вимірювання поточних значень електричних величин (фазні та лінійні напруги, $3U_0$, U_2);
- автоматичне визначення виду пошкодження (дугове/металеве однофазне замикання на землю, несиметрія);
- безперервна самодіагностика та контроль працездатності;
- гальванічна розв'язка всіх входів і виходів;
- висока міцність ізоляції та великий опір ізоляції;
- вбудований астрономічний годинник і календар з енергонезалежним живленням та можливістю синхронізації за протоколами АСУ.

Пристрій забезпечує автоматичну синхронізацію внутрішнього годинника з сигналом зовнішнього джерела точного часу, що гарантує високу точність фіксації подій. Крім того, пристрій повністю реалізує всі функції, наведені в табл. 1.

Аналізуючи функціональні можливості мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики (РЗА) в цілому та терміналу РС83-В1 зокрема, слід підкреслити їх значні переваги. Під час моніторингу повітряної лінії 6–10 кВ за допомогою мікропроцесорних (МП) терміналів у разі спрацювання захисту чи автоматики у внутрішній енергонезалежній пам'яті пристрою автоматично зберігається детальна інформація: точний момент спрацювання, найменш активованого захисту або автоматики, а також осцилограми електричних величин (фазні та лінійні напруги, напруга нульової послідовності $3U_0$, напруга зворотної послідовності U_2) у періоди до аварійної ситуації, під час неї та після її завершення. Завдяки цьому оператор отримує можливість точно відновити хронологію подій, визначити характер пошкодження (дугове чи металеве коротке замикання), а також суттєво звузити зону пошуку пошкодженої ділянки лінії. Реєстрація аварійних режимів здійснюється з високою часовою роздільною здатністю, що дозволяє проводити глибокий післяаварійний аналіз [19].

Додатково термінал РЗА оснащений розвинутою системою самодіагностики, яка постійно контролює справність апаратної частини, входних і вихідних кіл. У разі виявлення будь-яких відхилень пристрій негайно формує відповідне повідомлення. На відміну від традиційних електромеханічних реле, де несправності часто залишаються непоміченими до моменту аварійної ситуації, мікропроцесорні пристрої забезпечують проактивний контроль технічного стану. Зміна уставок захисту в МП-терміналах здійснюється зручно та оперативно через інтуїтивне меню достатньо обрати необхідні значення без механічного втручання в реле. Однією з ключових переваг є можливість повної інтеграції терміналу з системами диспетчерського керування та збору даних (SCADA) за допомогою інтерфейсу RS-485 з протоколом Modbus RTU, що дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг, керування та передачу даних у реальному часі.

Для об'єктивної оцінки ефективності сучасних рішень проведено порівняльний аналіз функціональних можливостей пристроїв РЗА на базі класичних електромеханічних реле



Таблиця 1

Перелік функцій, що виконуються пристроєм РС83-В1

№ п/п	Функція	Кількість ступенів захисту	Код ANSI
1	Захист мінімальної напруги (ЗМН U_{ϕ} , U_n) з логікою «І»/«АБО»	2	27
2	Захист максимальної напруги (ЗПН U_{ϕ} , U_n) з логікою «І»/«АБО»	2	59
3	Захист по напрузі нульової послідовності (ЗНЗ $3U_0$) від замикань на землю	2	59N
4	Захист по напрузі зворотної послідовності (ЗНЗП U_2)	1	59-2 / 46V
5	Журнал аварій та реєстрація подій	+	-
6	Осцилографування аварійних процесів	+	-
7	Блокування несправності напруги (БНН)	+	VTS
8	Керування та сигналізація	+	-

Таблиця 2

Порівняння характеристик електромеханічних реле та мікропроцесорних пристроїв

№	Параметр	Електромеханічні реле	Мікропроцесорні пристрої
1	Принцип дії	Грунтується на контактах і електромагнітах	Працюють за алгоритмами, заданими програмою
2	Швидкість реакції	Обмежена механічними процесами	Висока швидкість обробки
3	Гнучкість і налаштування	Обмежені механічною конструкцією	Висока гнучкість конфігурації та програмування
4	Складність алгоритмів захисту	Базові алгоритми	Широкий спектр, включаючи гармонічний аналіз та осцилографування
5	Надійність	Надійні, але зношуються з часом	Залежить від електронних компонентів + самодіагностика
6	Інтеграція та дистанційне керування	Відсутні	Легко інтегрується в SCADA/АСУ
7	Технічне обслуговування	Періодичне калібрування та чистка	Самодіагностика + оновлення ПЗ



(зокрема, серій РН-53, РН-54, а також реле часу типу ЕВ) та мікропроцесорних терміналів на прикладі пристрою РС83-В1. Результати порівняння основних технічних характеристик наведено в табл. 2 (адаптовано під функції захисту за напругою).

Електромеханічні реле мають переваги простоти та перешкодостійкості, але обмежену швидкість, точність, потребують обслуговування та не забезпечують осцилографування чи журнал аварій. На відміну від них, мікропроцесорні термінали (РС83-В1) мають високу точність (до 2 %), гнучкість, інтеграцію, низьке споживання (5 Вт), самодіагностику, реєстрацію осцилограм та журналу подій [20, 21].

Оцінка доцільності впровадження мікропроцесорного терміналу РС83-В1 замість традиційної електромеханічної схеми захисту за напругою (наприклад, комплект реле РН-53/РН-54 для ЗМН/ЗПН, реле типу РН-59 або аналог для ЗНЗ по ЗУ0, реле часу серії ЕВ та проміжні реле) вимагає комплексного порівняння капітальних витрат, експлуатаційних витрат, енергоспоживання та непрямих економічних ефектів від скорочення часу ліквідації аварій. Аналіз проведено на основі офіційних технічних характеристик виробника (РС83-В1: споживання 5 Вт + 0,25 Вт/реле, маса $\leq 1,8$ кг, ресурс ≥ 25 років, самодіагностика, журнал 100 подій, осцилографування), ринкових цін на аналогічне обладнання в Україні станом на 2025–2026 рр. та типових показників експлуатації розподільних мереж 6–10 кВ [22, 23].

1. Порівняння капітальних (початкових) витрат

Традиційна електромеханічна схема для захисту однієї секції шин 6–10 кВ вимагає щонайменше 6–8 окремих реле + панель + монтажні роботи:

- 2–3 реле напруги (РН-53/РН-54) – 350...1320 грн/шт. (в середньому 800 грн);
- реле для ЗНЗ по ЗУ0 – 1000...1500 грн;
- 2–3 реле часу (ЕВ-212, ЕВ-217) – 500...700 грн/шт.;
- проміжні реле + допоміжні елементи – 1500 грн;
- монтажна панель + проводка + налагодження – 4000...6000 грн.

Загальна вартість традиційної схеми: 12 000...18 000 грн (з урахуванням робіт).

Мікропроцесорний термінал РС83-В1 (один компактний пристрій масою 1,8 кг, IP54, модульна конструкція):

- вартість пристрою (за ринковими пропозиціями аналогів серії РС83 та оптимальним співвідношенням ціна/якість від виробника) – 22 000...28 000 грн;
- монтаж + налаштування (значно простіше, 1–2 дні) – 3000...5000 грн.

Загальна вартість впровадження РС83-В1: 25 000...33 000 грн.

Різниця початкових інвестицій: +13 000...15 000 грн на користь мікропроцесорного рішення (одноразова переплата).

2. Порівняння річних експлуатаційних витрат

Електромеханічні реле:

- планово-попереджувальні перевірки (2–3 рази на рік: калібрування пружин, чистка контактів, перевірка характеристик) – 4000...6000 грн/рік на одну секцію (з урахуванням праці, приладів, транспортних витрат);

- ремонт/заміна зношених елементів (контакти, котушки) кожні 3–5 років – 2000...3000 грн;

- відсутність самодіагностики → додаткові витрати на позапланові перевірки після аварій – 1500 грн/рік у середньому.

– Мікропроцесорний термінал РС83-В1:

- самодіагностика + контроль входів/виходів 24/7 → перехід до обслуговування «за фактичним станом» (1 перевірка кожні 5 років);

- річні витрати на обслуговування – 800...1200 грн (перевірка загальних характеристик + оновлення ПЗ);



– журнал аварій та осцилограми дозволяють дистанційний аналіз через RS-485 (Modbus RTU) → економія на виїздах персоналу 2000 грн/рік.

Річна економія на обслуговуванні: 4000...6000 грн (зниження на 60...70 %).

3. Економія на енергоспоживанні оперативного струму

Традиційна схема (6–8 котушок реле): сумарне споживання 20–40 ВА (постійно). РС83-В1: 5 Вт (≈ 5 ВА) у режимі очікування + максимум +2 Вт при спрацюванні всіх реле.

Річна економія (при тарифі оперативного струму $\approx 0,5$ грн/кВт·год, 8760 год/рік): $25 \text{ ВА} \times 8760 \text{ год} \times 0,5 \text{ грн} \approx 110 \text{ грн/рік}$ (немає суттєвого впливу, але при великій кількості приєднань на підстанції накопичується).

4. Непрямий економічний ефект – скорочення збитків від аварій та недовідпуску електроенергії.

Найсуттєвіша складова (за даними обленерго та наукових робіт з модернізації РЗА):

– традиційні реле не фіксують осцилограми та журнал подій → час пошуку пошкодження на ПЛ 6–10 кВ (особливо ОЗН) становить 4...8 год.;

– РС83-В1: фіксує точні значення $3U_0$, U_2 , осцилограми з роздільною здатністю мілісекунди + журнал 100 подій → час локалізації скорочується до 1...2 год. (зниження на 50...75 %).

Середній показник SAIDI в розподільних мережах України – 3...6 год/споживача/рік. Зниження на 0,5–1 год на приєднання завдяки швидкому аналізу аварійних режимів. Вартість 1 год недовідпуску для середнього промислового/комунального споживача – 5000...15 000 грн (штрафи, простій обладнання, втрати населення).

Таблиця 3

Техніко-економічні показники

Показник	Електромеханічна схема	РС83-В1 (МП)	Економія за 10 років
Початкові капітальні витрати, грн.	12000...18000	25000...33000	-13 000 (переплата)
Річні експлуатаційні витрати, грн.	6000...9000	1000...1500	+50000...75000
Енергоспоживання (річне, вартість), грн.	150...300	30...50	+1200...2500
Збитки від аварій (річні), грн.	20000...50000	5000...15000	+150000...350000
Загальна економія за 10 років (ТСО), грн.	-	-	+180000...400000
Термін окупності, років	-	2,0...3,5	-

Річна економія від зменшення часу аварій: 15 000...40 000 грн на одну секцію шин (залежно від навантаження). Основні техніко-економічні показники наведені у табл. 3.

Термін окупності складає:

$$T = (\Delta_{\text{Капітал}}) / (\Delta_{\text{Експлуатація}} + \Delta_{\text{Збитки від аварій}}) = 13\,000 \dots 15\,000 \text{ грн} / (5000 + 15\,000 \dots 25\,000 \text{ грн}) \approx 2,0 \dots 3,5 \text{ роки.}$$



5. Додаткові якісні та стратегічні переваги:

- Зниження ризиків кібератак та помилок персоналу завдяки самодіагностиці та дистанційному моніторингу.
- Можливість інтеграції в АСУ ТП/SCADA без додаткових витрат (RS-485 Modbus RTU вже вбудований).
- Підвищення надійності (середнє напрацювання на відмову $\geq 100\,000$ год, термін служби 25 років).
- Відповідність вимогам Smart Grid та цифрової підстанції (IEC 61850 при подальшій модернізації).
- Екологічний аспект: менше міді та матеріалів, менше енергоспоживання.

Отже, впровадження РС83-В1 є технічно обґрунтованим і економічно вигідним рішенням. Переплата на старті повністю окупиться протягом 2–3,5 років за рахунок різкого зниження експлуатаційних витрат та збитків від аварій. За 10 років експлуатації чиста економія на одну секцію шин становить 180 000...400 000 грн. У масштабах підстанції з 10–20 приєднаннями ефект зростає в рази. Це дозволяє рекомендувати РС83-В1 як оптимальний вибір для модернізації розподільних мереж 6–10 кВ в умовах воєнного стану та переходу до концепції Smart Grid.

Висновок. Порівняння сучасних мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики, зокрема на прикладі пристрою РС83-В1, з традиційними електромеханічними реле свідчить, що останні мають низку суттєвих обмежень, серед яких обмежені функціональні можливості, механічний знос, а також відсутність можливостей осцилографування та ведення журналу подій. Водночас прийняття рішення щодо переходу на мікропроцесорні пристрої повинно здійснюватися з урахуванням конкретних вимог до системи, її складності та необхідного рівня інтеграції, оскільки у деяких випадках доцільним може бути комбіноване використання різних типів захисту для досягнення оптимального техніко-економічного балансу. Сучасні мікропроцесорні пристрої поступово витісняють традиційні рішення, поєднуючи в собі функції захисту, моніторингу та сигналізації, що дозволяє підвищити чутливість системи, скоротити час ліквідації аварійних режимів і створює передумови для впровадження концепцій Smart Grid. При цьому ефективний вибір обладнання має базуватися на комплексній оцінці витрат протягом життєвого циклу, включаючи початкові інвестиції, витрати на обслуговування та програмне забезпечення протягом щонайменше десяти років. Проведені дослідження та тестування пристрою РС83-В1 підтвердили його відповідність сучасним експлуатаційним вимогам, високу надійність та відносну простоту освоєння, що дозволяє рекомендувати його як ефективне рішення для модернізації електричних мереж напругою 6–10 кВ.

Список використаних джерел

1. Al Issa H. A., Pazyi V., Miroshnyk O., Moroz O., Savchenko O., Halko S. Determination of a Line with a Single-Phase Short Circuit in the Distribution Network Using the Method of Signal Input. *2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, Kharkiv, Ukraine. 2023. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312925>
2. Лежнюк П. Д., Рубаненко О. Є., Гунько І. О. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії. Монографія. Вінниця : ВНТУ, 2018. 174 с.
3. Savchenko O., Miroshnyk O., Moroz O., Trunova I., Sereda A., Dudnikov S., Kozlovskiy O., Buinyi R., Halko S. Improving the Efficiency of Solar Power Plants Based on Forecasting the Intensity of Solar Radiation Using Artificial Neural Networks. *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, Kharkiv, Ukraine. 2021. 137–140. DOI: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570009>
4. Галько С. В. Технології та засоби перетворення відновлюваних джерел енергії для приватних домогосподарств: монографія / С. В. Галько, В. Я. Жарков, А. В. Жарков. Мелітополь : Люкс, 2019. 215 с.



5. Ding Y., Chen F. F., Zhang Y., Yu H. W., Lan J. B. Design of substation-area protection and control equipment based on backboard bus. *Autom. Elect. Power Syst.* 2014. 38(24). 102–107.
6. Teca G., Natkaniec M. StegoBackoff: Creating a Covert Channel in Smart Grids Using the Backoff Procedure of IEEE 802.11 Networks. *Energies.* 2024. 17(3). 716. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17030716>
7. Miroshnyk O., Moroz O., Shchur T., Chepizhnyi A., Qawaqzeh M., Kocira S. Investigation of Smart Grid Operation Modes with Electrical Energy Storage System. *Energies.* 2023. 16(6). 2638. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16062638>
8. Мікропроцесорні пристрої релейного захисту та автоматики серії РС83. Пристрій РС83-В1. <https://rzasystems.com/product/rs83-v1/>
9. Мірошник О. О., Пазій В. Г., Миргород Д. Г., Галько С. В., Ганус Р. О. Дослідження та порівняння характеристик мікропроцесорного пристрою релейного захисту РС830-ДЗ компанії «РЗА СИСТЕМЗ» з електромеханічними та сучасними цифровими аналогами. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки.* Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. 25(2). 62–70. DOI: <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2025-25-2-7>
10. Pazyi V., Miroshnyk O., Shchur T., Halko S., Nikolov M., Idzikowski A. Development of Simulation Model of Single-Phase Circuit Lock in the DigSILENT POWERFACTORY Program. *System Safety: Human – Technical Facility – Environment.* 2023. 5(1). 350–358. DOI: <https://doi.org/10.2478/czoto-2023-0038>
11. Siemens. SIPROTEC 7SJ80 – Overcurrent Protection Relay. URL: <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/protection-relays-and-control/siprotec-compact/overcurrent-and-feeder-protection/overcurrent-protection-siprotec-7sj80.html>
12. Siemens. SIPROTEC 7SJ80 – User Manual. URL: <https://www.manualslib.com/manual/1945624/Siemens-Siprotec-7sj80.html>
13. Schneider Electric. Easergy P3 – Technical Data Sheet [Електронний ресурс]. URL: <https://www.se.com/us/en/download/document/P3TDSxxxxxEN>
14. Schneider Electric. Easergy P3 – User Manual for P3U10, P3U20, and P3U30. URL: https://www.se.com/us/en/download/document/P3U_en_M-NAM
15. Schweitzer Engineering Laboratories (SEL). SEL-751 – Feeder Protection Relay [Електронний ресурс]. URL: <https://selinc.com/products/751>
16. Schweitzer Engineering Laboratories (SEL). SEL-751 Technical Datasheet [Електронний ресурс]. URL: <https://selinc.com/api/download/10734>
17. IEEE Power System Protective Relays: Principles and Practices [Електронний ресурс]. URL: <https://site.ieee.org/sas-pesias/files/2016/12/PowerSystemProtectiveRelaysPrinciplesAndPractices.pdf>
18. Xiong C., Su Y., Zhang D., Chen L., Zhang H., Li Q. A New Distributed Robust Power Control for Two-Layer Cooperative Communication Networks in Smart Grids with Reduced Utility Costs. *Energies.* 2023. 16(6). 2911. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16062911>
19. Liu Y., Gao H., Gao W., Peng F. Development of a Substation-Area Backup Protective Relay for Smart Substation. *IEEE Trans. Smart Grid.* 2017. 8. 2544–2553.
20. Popescu C., Apostu S. A., Rădulescu I. G., Mureșan J. D., Brezoi A. G. Energizing the Now: Navigating the Critical Landscape of Today’s Energy Challenges – An In-Depth Review. *Energies.* 2024. 17(3). 675. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17030675>
21. Lima D. A. C., Bernardon D. P., Morais A. P., Oliveira A. L., Hokama W. S., Conceição J. B. R., Sartori Â. F. Review of Bus Differential Protection Using IEC 61850. *Energies.* 2022. 15(24). 9537. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15249537>
22. Kim M.-S., Kang S.-H. Centralized Multiple Back-Up Protection Scheme with Sharing Data between Adjacent Substations Based on IEC 61850. *Energies.* 2022. 15(12). 4195. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15124195>
23. Cao R.B. Implementation of digital integrated protection and control system. *Elect. Power Autom. Equip.* 2014. 34(5). 149–155.

Дата першого надходження статті до видання: 17.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.05.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)





O. Miroshnyk¹, V. Pazyi¹, O. Savchenko¹, D. Myrgorod¹, T. Halko²

¹ State Biotechnological University

² Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

RESEARCH ON THE EFFICIENCY OF USING THE MICROPROCESSOR DEVICE PC83-B1 OF THE “RPA SYSTEMS” COMPANY FOR MONITORING EMERGENCY MODES OF 6–10 KV GRIDS

Summary

This paper presents a comprehensive study of the effectiveness of applying the PC83-B1 microprocessor-based relay protection and automation device developed by “RPA Systems” for monitoring emergency operating conditions in 6–10 kV distribution networks. The relevance of the research is conditioned by the increasing requirements for reliability, selectivity, and speed of fault detection in medium-voltage networks, especially under conditions of aging infrastructure and heightened operational risks. The main objective of the study is to perform a detailed comparative analysis between conventional electromechanical voltage protection schemes and the modern PC83-B1 microprocessor-based device, with a focus on technical performance, operational reliability, and economic efficiency. Particular attention is paid to the device’s ability to detect and monitor typical emergency modes, such as single-phase-to-ground faults and voltage asymmetry, which are common in networks with isolated or compensated neutral. The PC83-B1 device is analyzed as a multifunctional digital terminal that integrates protection, control, monitoring, and signaling functions within a single compact unit. Its key features include high measurement accuracy (up to 2 %), built-in self-diagnostics, flexible programmable logic, and the ability to measure phase and line voltages. The device also supports remote configuration and integration into supervisory control and data acquisition systems via RS-485 using the Modbus RTU protocol, enabling its use within modern digital substations and Smart Grid environments. A comparative assessment demonstrates that, unlike electromechanical relays, the PC83-B1 provides advanced functionalities such as oscillography, detailed fault analysis, and continuous condition monitoring, which significantly improve the accuracy and speed of fault localization. This leads to a substantial reduction in outage duration and enhances overall system reliability. In addition to quantitative benefits, the study highlights qualitative advantages such as improved operational safety, reduced human error due to automation and self-diagnostics, enhanced data availability for post-fault analysis, and compliance with modern digitalization trends in power engineering. The device’s adaptability and scalability make it suitable for a wide range of applications in distribution networks and support the transition toward Smart Grid concepts. The results of the research confirm that the PC83-B1 microprocessor-based device meets modern technical requirements and provides a reliable, efficient, and economically justified solution for upgrading relay protection systems in 6–10 kV networks.

Keywords: microprocessor device, relay protection, voltage protection, PC83-B1, power system.