

DOI <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2025-25-2-7>

УДК 621.311

О. О. Мірошник¹, докт. техн. наук

ORCID: 0000-0002-6144-7573

В. Г. Пазій¹, ст. викладач

ORCID: 0000-0002-7336-0854

Д. Г. Миргород¹, аспірант

ORCID: 0000-0002-5494-6227

С. В. Галько², канд. техн. наук

ORCID: 0000-0001-7991-0311

Р. О. Ганус³, аспірант

ORCID: 0009-0001-2442-6087

¹Державний біотехнологічний університет, м. Харків²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного³Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

email: omiroshnyk@btu.kharkiv.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОРІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ПРИСТРОЮ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ РС830-ДЗ КОМПАНІЇ «РЗА СИСТЕМЗ» З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМИ ТА СУЧАСНИМИ ЦИФРОВИМИ АНАЛОГАМИ

Анотація. У статті проведено аналітичне дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики РС830-ДЗ, розробленого компанією «РЗА СИСТЕМЗ». Розглянуто його технічні характеристики, алгоритми роботи, можливості налаштування, а також інтерфейси зв'язку. Здійснено порівняльний аналіз з електромеханічними реле, а також із сучасними мікропроцесорними пристроями провідних світових виробників. Виокремлено основні переваги РС830-ДЗ, серед яких – висока точність, швидкодія, доступність і простота інтеграції. Водночас виявлено низку обмежень, що пов'язані з відсутністю підтримки сучасних цифрових протоколів і меншою універсальністю у застосуванні. Стаття містить практичні рекомендації щодо доцільності використання пристрою у конкретних умовах експлуатації.

Ключові слова: релейний захист, мікропроцесорний пристрій, РС830-ДЗ, диференційний захист, електро-механічне реле, автоматизація, цифрова підстанція.

Постановка проблеми. Сучасна енергетика висуває високі вимоги до надійності, швидкодії та селективності систем релейного захисту, особливо в умовах зростаючої складності енергосистем та широкого впровадження відновлюваних джерел енергії [1–3]. Релейний захист як ключовий елемент автоматизованих систем керування електроустановками виконує критичну функцію – своєчасне виявлення аварійних режимів та забезпечення відключення пошкоджених ділянок мережі з мінімальним впливом на решту системи.

Серед різноманітних видів релейного захисту особливу роль відіграє дистанційний захист (ДЗ), який використовується переважно в мережах середньої та високої напруги [4; 5]. ДЗ базується на вимірюванні опору ділянки лінії до місця пошкодження та дає змогу визначати відстань до КЗ (короткого замикання), забезпечуючи селективність навіть за складних режимів роботи мережі. Його перевагами є можливість резервування суміжних ділянок, незалежність від струму замикання та адаптація до зміни конфігурації мережі. Однак разом із цим дистанційний захист має і певні недоліки:

- обмеження точності за наявності нелінійних навантажень або змін параметрів мережі;
- складність у налаштуванні та обслуговуванні, особливо в електромеханічних та напівпровідникових пристроях старого зразка;
- відсутність гнучкої логіки роботи, необхідної для сучасних Smart Grid-систем.



Сьогодні на ринку представлені як традиційні електромеханічні пристрої, так і сучасні мікропроцесорні або цифрові рішення від провідних виробників (Siemens, Schneider Electric, SEL, ABB) [6–11]. Останні забезпечують широкі можливості налаштувань, інтеграцію зі SCADA, використання міжнародних стандартів (IEC 61850), реєстрацію подій та зв'язок через сучасні протоколи.

Разом із тим на ринку існують і менш відомі, але перспективні рішення від регіональних виробників, наприклад РС830-ДЗ компанії «РЗА СИСТЕМЗ» (Україна) [1; 2]. Пристрій реалізує повноцінний комплекс релейного захисту з дистанційними функціями, є адаптованим до потреб української енергосистеми та пропонує вигідне поєднання ціни і функціональності. Однак його характеристики ще не були широко представлені в незалежних технічних оглядах чи порівняннях із більш відомими аналогами.

Отже, виникає необхідність у системному аналізі та порівнянні пристрою РС830-ДЗ з іншими типами релейного захисту, як електромеханічними, так і сучасними цифровими, для визначення його сильних і слабких боків, а також потенціалу для модернізації та впровадження в енергетичних об'єктах різного рівня.

Аналіз останніх досліджень. У науковій та інженерно-технічній літературі значна увага приділяється розвитку та вдосконаленню релейного захисту, особливо в контексті цифровізації енергосистем. У роботах [12–16] висвітлюються ключові тенденції – перехід від електромеханічних та аналогових пристроїв до повністю цифрових рішень із можливістю дистанційного моніторингу, автоматичного самоналаштування та взаємодії у рамках Smart Grid.

Серед сучасних мікропроцесорних пристроїв захисту слід виділити такі рішення, як:

SIPROTEC 7SJ80 (Siemens) – забезпечує функції захисту ліній, трансформаторів та двигунів [6; 7]. Його перевагами є висока гнучкість у налаштуваннях, наявність вбудованого логічного контролера CFC, підтримка протоколів IEC 61850. Проте в практичному використанні можуть виникати складнощі з налаштуванням логіки для складних об'єктів, а також певна «складність» інтерфейсу.

Easergy P3 (Schneider Electric) – відзначається зручним інтерфейсом та широким функціоналом, зокрема підтримкою векторного аналізу струмів і напруг [8; 9]. Серед недоліків варто зазначити обмежену кількість входів/виходів у базових версіях та високу вартість порівняно з вітчизняними аналогами.

SEL-751 (Schweitzer Engineering Laboratories) – популярне рішення для захисту фідерів, має потужні алгоритми самодіагностики та підтримку SCADA. Проте інтерфейс конфігурування потребує глибоких знань, а специфікація англійською мовою створює додаткові труднощі під час упровадження в умовах вітчизняних підприємств [10; 11].

Зокрема, у працях Siemens [7], SEL [10] і Schneider Electric [8] розглядаються питання інтеграції релейного захисту із системами автоматизації, використання протоколу IEC 61850, функцій аналізу збурень та цифрових реєстраторів подій. У статтях [12; 13] акцентується увага на застосуванні алгоритмів адаптивного захисту та штучного інтелекту в мікропроцесорних пристроях.

Водночас у вітчизняному сегменті публікацій обмежено висвітлено тематику порівняльного аналізу локальних пристроїв захисту з продукцією світових брендів. Вітчизняний пристрій РС830-ДЗ, незважаючи на наявність позитивного досвіду впровадження в Україні, ще не став предметом поглибленого технічного аналізу в професійній літературі. Пристрій РС830-ДЗ від компанії «РЗА СИСТЕМЗ» розроблений з урахуванням потреб українських споживачів і спрямований на забезпечення максимальної сумісності з існуючими електромережами. У публікаціях компанії розкривається багатофункціональність пристрою: дистанційний захист, резерв-

ний струмовий захист, АПВ, АВР, а також можливість адаптації логіки роботи під конкретні умови об'єкта [1; 2]. Значними перевагами є зрозумілий інтерфейс, повна документація та вартість, нижча за імпорتنі аналоги.

Таким чином, з'являється новий науковий напрям для комплексного дослідження, який аналізує подальший розвиток та вдосконалення вітчизняних рішень у сфері релейного захисту. Окрім цього, стає доцільним проведення комплексного дослідження, яке поєднає огляд функціональності, технічних характеристик та користувацького досвіду.

Формулювання мети статті. Порівняльний аналіз технічних характеристик мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики РС830-ДЗ компанії «РЗА СИСТЕМЗ» з електромеханічними та сучасними цифровими аналогами з метою виявлення його технічних переваг, недоліків, можливостей застосування та перспектив подальшої модернізації.

Основна частина. Сьогодні на ринку України представлено досить великий асортимент мікропроцесорних пристроїв РЗА різних виробників. Усі вони відрізняються за своїми функціоналом та ціною. Серед цих пристроїв уваги заслуговує пристрій РС830-ДЗ від компанії «РЗА-СИСТЕМЗ» [1].

Термінал РС830-ДЗ призначений для застосування у схемах релейного захисту та автоматики і забезпечує такі функції:

- релейний захист та автоматика ПЛ – 110–150 кВ (основний або резервний);
- резервний захист силового трансформатора – 110 кВ (є додатковим до диференційного захисту силового трансформатора), а також автоматика вимикача вводу 110 кВ трансформатора;
- релейний захист ПЛ – 35 кВ (основний) та автоматика високовольтного вимикача – 35 кВ.

РС830-ДЗ – цифровий пристрій, що поєднує у собі багато функцій. Він виконаний на сучасній елементній базі з якісних компонентів провідних світових виробників, поєднує у собі функції захисту, керування та контролю. На рис. 1 наведено загальний вигляд РС830-ДЗ.

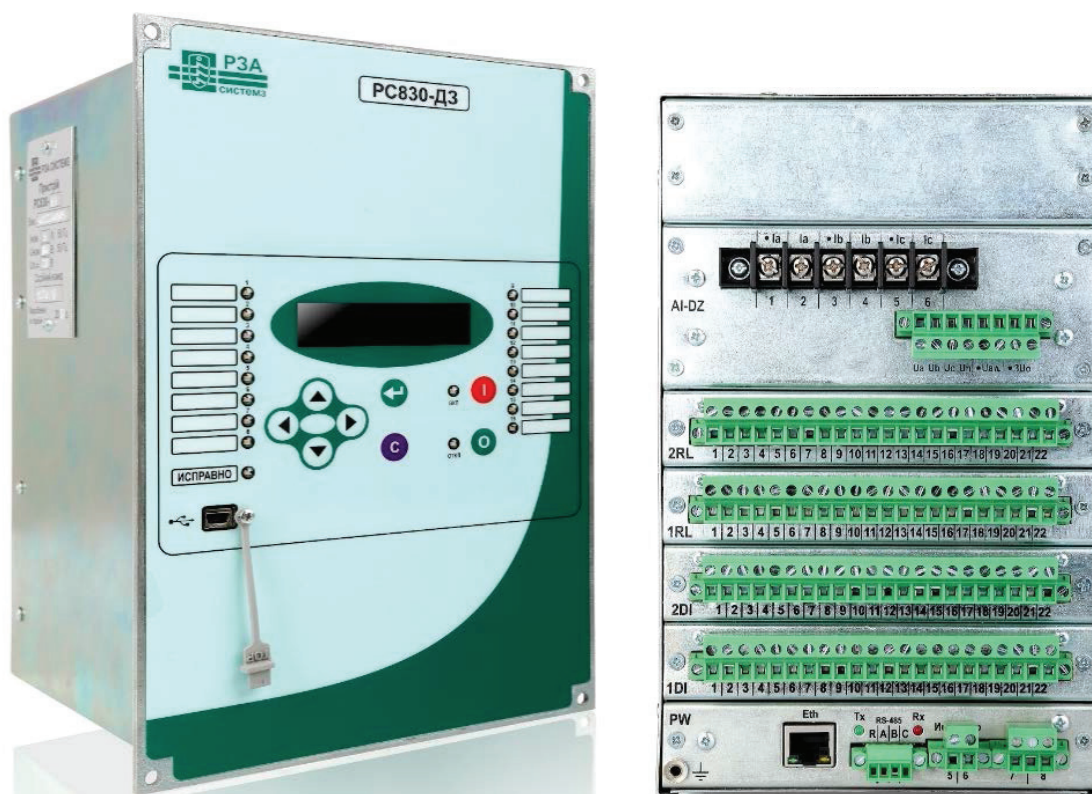


Рис. 1. Передня панель та задній бік пристрою РС830-ДЗ

Пристрій має такі основні функції захисту та автоматики [4]:

Таблиця 1

Функції захисту та автоматики пристрою РС830-ДЗ

Найменування функції	Кількість ступенів
Основний захист (ОЗ) від усіх видів КЗ	8
Направлений/ненаправлений захист від замикань на землю (ЗНЗ) по струму, опорі або напрузі нульової послідовності	8
Захист по струму зворотної послідовності (ОБР)	2
Захист по напрузі (ЗН)	2
Додаткові функції (ДФ)	8
Автоматичне повторне включення (АПВ)	2
АЧР/ЧАПВ (по дискретному входу)	2/2
УРОВ	2
Визначення місця пошкодження (ОМП)	+
Блокування при несправності ланцюгів напруги (БНН)	+
Блокування від коливань (БК)	+
Відстроювання від навантаження	+
Автоматика та керування вимикачем	1
Контроль синхронізму (КС)	+
Групи уставок	16
Інтерфейси Ethernet, RS-485, USB	+

Основні технічні характеристики пристрою наведено в табл. 2.

Основні характеристики пристрою включають таке:

- Кожен рівень захисту від перевантаження (ОЗ) може налаштовуватися як дистанційний захист (ДЗ) або спрямований максимально-струмовий захист (МТЗ) із функцією вибору напрямку, пуском за напругою та можливістю її відключення, а також із незалежними часово-струмовими характеристиками.
- Рівень ОЗ, налаштований як ДЗ, може мати полігональну, секторну (із центром у початку координат) або кругову (еліптичну) характеристику, що проходить через нульову точку.
- Для ДЗ може бути додатково налаштована зона у вигляді кола із центром у початку координат, що спрацьовує під час короткого замикання на шинах або живлення з протилежного боку лінії.
- Для ДЗ можуть бути активовані додаткові функції, такі як блокування за пошкодження ланцюга напруги, захист від коливань та адаптація до параметрів навантаження.
- У разі падіння напруги нижче 0,02 номінальної рівень ДЗ автоматично переходить у режим роботи за пам'яттю на 0,5 секунди.
- Кожен рівень захисту від замикання на землю (ЗНЗ) може працювати за струмом, опором або напругою нульової послідовності. Їхні характеристики та налаштування аналогічні параметрам рівнів ОЗ.
- Рівні ЗН можуть використовуватися як захист від міжфазних замикань (ЗМН) або захист від замикань на землю (ЗПН).
- Функція контролю синхронізації дає змогу застосовувати пристрій на лініях, що з'єднують ділянки енергосистеми з різними джерелами живлення.
- Наявність 16 груп уставок дає змогу використовувати пристрій як резервний захист на обхідному вимикачі.



Таблиця 2

Основні технічні характеристики пристрою РС830-ДЗ

Найменування параметра	Значення
Номинальний струм	5 А
Номинальна напруга ланцюгів вимірювання	100 В
Номинальна напруга живлення, полярність довільна (~/=)	220 (110) В
Номинальна частота мережі	50 Гц
Діапазон уставок ОЗ в режимі ДЗ по опорі при еліптичній або круговій характеристиці	0,1 – 500 Ом
Діапазон уставок ОЗ у режимі ДЗ по реактивному X_u та активному $R_{пр}$ опорі при полігональній характеристиці	0,1 – 300 Ом
Діапазон уставок додаткової зони ступенів ОЗ у режимі ДЗ	0,1 – 300 Ом
Діапазон уставок блокування по опорі навантаження	10 – 500 Ом
Діапазон уставок ОЗ в режимі МТЗ та ЗНЗ по розрахунковому струму	0,1 – 125 А (вторинних)
Діапазон уставок ЗНЗ по опорі при еліптичній або круговій характеристиці	0,1 – 500 Ом
Діапазон уставок ЗНЗ по реактивному X_u та активному $R_{пр}$ опорі при полігональній характеристиці	0,1 – 300 Ом
Діапазон уставок ЗНЗ по $3U_0$	2 – 100 В
Діапазони уставок ОБР: – по I_2 – по I_2/I_1	0,2 – 20 А 0,02 – 1 о.е.
Діапазон уставок по напрузі ЗН	10 – 150 В
Робочий діапазон напруги живлення пристрою, довготривало ~/=	80 – 264 В
Допустиме підвищення напруги живлення на час до 5 хвилин	420 В
Споживання по ланцюгах живлення при не спрацьовуванні вихідних реле	10 Вт
Збільшення споживання при спрацьовуванні реле	0,25 Вт/реле
Діапазон робочих температур	від -40° до $+70^\circ$ С
Кількість дискретних входів*	11/22/33/(44)
Кількість вихідних реле*	10/20/30/(40)

*Загальна кількість як блоків дискретних входів, так і вихідних реле повинна бути не більше 4

Оцінюючи функціональні характеристики мікропроцесорних систем релейного захисту та автоматики (РЗА), зокрема терміналу РС830-ДЗ, можна виділити низку ключових переваг:

- багатофункціональний пристрій, призначений для дистанційного або спрямованого струмового захисту в мережах напругою 110–220 кВ;
- до восьми ступенів основного захисту, які можуть налаштовуватися як дистанційні з різноманітними характеристиками або як спрямовані струмові;
- до восьми ступенів захисту нульової послідовності (ЗНЗ), що дають змогу налаштування на опір, струм або напругу нульової послідовності з різними типами характеристик;
- функція блокування за коливань, що базується на аналізі струмів прямої та зворотної послідовності, а також можливість її використання для блокування ступенів дистанційного захисту у разі несправностей у колах напруги, що відповідає вітчизняним стандартам;
- гнучка програмована логіка з простим механізмом налаштування;
- широкий діапазон живлення (від 80 до 420 В, до 5 хвилин);
- працездатність за температур від -40°C до $+70^\circ\text{C}$;
- низьке енергоспоживання (від 10 Вт);
- високий рівень захисту корпусу за стандартом IP54 (по лицьовій панелі);

- модульна конструкція з уніфікованими змінними блоками, що полегшує ремонт та адаптацію до різних завдань;
- функція визначення місця пошкодження;
- наявність детальної документації, включаючи керівництво з експлуатації, рекомендації щодо вибору уставок і вказівки з налагодження.

Під час використання цифрових терміналів для захисту ліній інформація про спрацювання захисту чи автоматики, а також електричні параметри до, під час і після аварійної події зберігаються у внутрішній пам'яті пристрою. Це дає змогу точно відтворити послідовність подій, що сприяє аналізу стану мережі під час серйозних збоїв. Реєстрація аварій відбувається з високою часовою роздільною здатністю, що дає змогу фіксувати події тривалістю в мілісекунди. Така точність допомагає визначити порядок спрацювання захисних механізмів і перевірити їх відповідність заданим параметрам. Усі дані зберігаються в енергонезалежній пам'яті терміналу.

Термінал оснащений системою самодіагностики та контролю стану вхідних і вихідних кіл, що забезпечує швидке виявлення несправностей. На відміну від електромеханічних систем, де проблеми часто залишаються непоміченими до моменту повного збою, мікропроцесорні пристрої дають змогу оперативно реагувати на неполадки.

Налаштування параметрів захисту в мікропроцесорному пристрої здійснюється через зручне меню, де можна вибрати потрібні значення. Можливість створення кількох наборів параметрів зі швидким перемиканням між ними значно спрощує тимчасову зміну налаштувань залежно від умов експлуатації.

Електромеханічні реле захисту протягом десятиліть були основою систем релейного захисту в енергетичних системах. Вони функціонують на основі електромагнітного принципу та відрізняються високою надійністю, довговічністю та простотою технічного обслуговування. Найпоширенішими представниками цієї групи є реле типу РТ-40, ТЗЛ-11, РТВ, РТМ тощо.

Серед переваг електромеханічних реле можна виділити:

- високу стійкість до електромагнітних перешкод;
- надійність в умовах відсутності складної електроніки;
- простоту в ремонті, можливість заміни окремих механічних елементів.

Водночас із розвитком енергетичних мереж [17–20], зокрема зростанням вимог до швидкості, гнучкості логіки, самодіагностики та цифрової комунікації [21; 22], електромеханічні реле поступово втрачають актуальність у нових проєктах.

Серед недоліків електромеханічних реле можна виділити:

- обмежену точність та чутливість;
- відсутність можливості адаптації захисту до змін режимів роботи;
- неможливість дистанційного моніторингу та керування;
- високу інерційність (час спрацювання – до 50–100 мс і більше);
- великі габарити та потребу в регулярному технічному обслуговуванні.

Для наочності нижче подано порівняння ключових характеристик електромеханічних реле із сучасним мікропроцесорним пристроєм РС830-ДЗ.

Таким чином, можна зазначити, що:

- мікропроцесорні пристрої, такі як РС830-ДЗ, значно перевершують електромеханічні реле за функціональністю, точністю та можливістю інтеграції у цифрові мережі;
- електромеханічні реле можуть залишатися доцільними лише у специфічних умовах (наприклад, у мережах із дуже жорсткими умовами ЕМС або за обмежених фінансових ресурсів);
- у випадках, коли потрібні гнучкість, дистанційне налаштування та інтеграція з автоматизованими системами керування, мікропроцесорне реле є однозначно кращим вибором.

Таблиця 3

Порівняння РС830-ДЗ з електромеханічними реле

Параметр	Електромеханічне реле	РС830-ДЗ (МП-реле)
Тип захисту	Обмежений набір	Комплексний, гнучкий
Точність вимірювань	Низька	Висока
Час спрацювання	50–100 мс	<20 мс
Протоколи зв'язку	Відсутні	Modbus, IEC 60870, IEC 61850 (опціонально)
Самодіагностика	Відсутня	Присутня
Наявність журналу подій	Відсутній	Так
Гнучкість налаштувань	Низька	Висока
Інтерфейс користувача	Відсутній	LCD-екран, програмне забезпечення
Сервісне обслуговування	Часте, механічний знос	Мінімальне
Живлення	Від оперативного струму	Універсальне живлення
Габарити та вага	Великі	Компактні

На ринку релейного захисту представлено низку відомих виробників, які пропонують потужні мікропроцесорні рішення: Siemens (SIPROTEC), ABB (RELION), Schneider Electric (SEPAM, MiCOM), General Electric (Multilin), SEL (Schweitzer Engineering Laboratories) тощо [3–8]. Ці пристрої підтримують широкий спектр функцій, зокрема: захист ліній, трансформаторів, шин, генераторів, вбудовані засоби автоматизації (АВР, АЧР, АПВ), підтримка цифрових протоколів зв'язку, інтеграція в Smart Grid-системи [12].

Порівняльний аналіз мікропроцесорних терміналів релейного захисту різних фірм виробників показав, що пристрій РС830-ДЗ українського виробника «РЗА СИСТЕМЗ» вигідно вирізняється за такими показниками:

- спеціалізація: пристрій розроблено спеціально для диференційного захисту трансформаторів, що забезпечує високу точність і швидкодію виявлення внутрішніх КЗ;
- компактність та простота інтеграції: підходить для реконструкції енергооб'єктів із мінімальними змінами в схемах;
- цінову доступність: за функціональністю наближається до провідних рішень, але в рази дешевший;
- адаптація до локальних умов: ураховано специфіку українських мереж та реалії експлуатації у пострадянських енергосистемах;
- український інтерфейс і наявність технічної підтримки на місці.

Висновки. На основі аналізу функціональності та порівняння мікропроцесорного пристрою РС830-ДЗ із традиційними електромеханічними реле та сучасними мікропроцесорними системами захисту слід зазначити, що РС830-ДЗ демонструє високу ефективність під час реалізації диференційного захисту трансформаторів, що підтверджується швидкодією, точністю виявлення аварій та простотою налаштування. Порівняно з електромеханічними реле пристрій має суттєві переваги: відсутність механічного зносу, вища точність, розширені можливості самодіагностики та цифрової комунікації. Пристрій має високу конкурентоздатність на локальному ринку завдяки цій доступності, простоті експлуатації та адаптації до українських умов. Окрім цього, РС830-ДЗ доцільно використовувати на трансформаторних підстанціях розподільних електромереж (6–35 кВ); на промислових підприємствах, які модернізують обладнання без суттєвих змін у вторинних колах; у проєктах, де потрібні надійність та функціональна автоматизація.

Список використаних джерел

1. 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. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570009>
2. Halko S., Halko K. Research of electrical and physical characteristics of the solar panel on the basis of cogeneration photoelectric modules. *Integración de las ciencias fundamentales y aplicadas en el paradigma de la sociedad post-industrial: Colección de documentos científicos «ΛΟΓΟΣ» con actas de la Conferencia Internacional Científica y Práctica*, 24 de abril de 2020. Barcelona, España: Plataforma Europea de la Ciencia. 2020. 2. 39–44. <https://doi.org/10.36074/24.04.2020.v2.10>
3. Галько С.В. Експериментальне дослідження і визначення параметрів когенераційного фотоелектричного модуля для гібридних сонячних електростанцій. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень : матеріали Міжнар. наук. конф.*, 10 квітня 2020 р. Луцьк : МЦНД. 2020. Т. 1. 83–90. <https://doi.org/10.36074/10.04.2020.v1.10>
4. RZA SYSTEMZ. PC830-ДЗ – Мікропроцесорний пристрій релейного захисту та автоматики. URL: <https://rzasystems.com/product/rs830-dz> (дата звернення: 24.04.2024).
5. RZA SYSTEMZ. Опитувальний лист на мікропроцесорний термінал PC830-ДЗ. URL: <https://rzasystems.com/wp-content/uploads/2024/01/OL-RS830-DZ-UA.pdf> (дата звернення: 24.04.2024).
6. 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> (дата звернення: 24.04.2024).
7. Siemens. SIPROTEC 7SJ80 – User Manual. URL: <https://www.manualslib.com/manual/1945624/Siemens-Siprotec-7sj80.html> (дата звернення: 24.04.2024).
8. Schneider Electric. Easergy P3 – Technical Data Sheet. URL: <https://www.se.com/us/en/download/document/P3TDSxxxxxEN> (дата звернення: 24.04.2024).
9. Schneider Electric. Easergy P3 – User Manual for P3U10, P3U20, and P3U30. URL: https://www.se.com/us/en/download/document/P3U_en_M-NAM (дата звернення: 24.04.2024).
10. Schweitzer Engineering Laboratories (SEL). SEL-751 – Feeder Protection Relay. URL: <https://selinc.com/products/751> (дата звернення: 24.04.2024).
11. Schweitzer Engineering Laboratories (SEL). SEL-751 Technical Datasheet. URL: <https://selinc.com/api/download/10734> (дата звернення: 24.04.2024).
12. IEEE Power System Protective Relays: Principles and Practices. URL: <https://site.ieee.org/sas-pesias/files/2016/12/PowerSystemProtectiveRelaysPrinciplesAndPractices.pdf> (дата звернення: 24.04.2024).
13. 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.
14. 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. <https://doi.org/10.2478/czoto-2023-0038>
15. 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. <https://doi.org/10.3390/en16062638>
16. 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. <https://doi.org/10.3390/en16062911>
17. 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.
18. 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. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312925>
19. 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. <https://doi.org/10.3390/en17030675>



20. 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. <https://doi.org/10.3390/en15249537>

21. 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. <https://doi.org/10.3390/en15124195>

22. Cao R.B. Implementation of digital integrated protection and control system. *Elect. Power Autom. Equip.* 2014. 34(5). 149–155.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2025

O. Miroshnyk¹, V. Pazyi¹, D. Myrgorod¹, S. Halko², R. Hanus³

¹State Biotechnological University

²Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

³National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

RESEARCH AND COMPARISON OF CHARACTERISTICS OF THE MICROPROCESSOR RELAY PROTECTION DEVICE PC830-Д3 OF RPA SYSTEMS WITH ELECTROMECHANICAL AND MODERN DIGITAL ANALOGUES

Summary

Among the various types of relay protection, distance protection plays a special role, which is used mainly in medium and high voltage networks. Distance protection is based on measuring the resistance of a line section to the point of damage and allows you to determine the distance to a short circuit, ensuring selectivity even in difficult network operating modes. Its advantages are the possibility of redundancy of adjacent sections, independence from short-circuit current and adaptation to changes in network configuration. Today, the market offers both traditional electromechanical devices and modern microprocessor or digital solutions from leading manufacturers (Siemens, Schneider Electric, SEL, ABB). At the same time, there are also less well-known but promising solutions from regional manufacturers on the market, such as the PC830-Д3 from the RPA SYSTEMS company (Ukraine). The device implements a full-fledged complex of relay protection with distance functions, is adapted to the needs of the Ukrainian power system and offers a favorable combination of price and functionality. However, its characteristics have not yet been widely presented in independent technical reviews or comparisons with more well-known analogues. Therefore, there is a need for a system analysis and comparison of the PC830-Д3 device with other types of relay protection – both electromechanical and modern digital – to determine its strengths and weaknesses, as well as the potential for modernization and implementation in energy facilities of various levels. The article conducts an analytical study of the microprocessor device for relay protection and automation PC830-Д3, developed by the company «RPA SYSTEMS». Its technical characteristics, algorithms of operation, customization options, as well as communication interfaces are considered. A comparative analysis was carried out with electromechanical relays, as well as with modern microprocessor devices of the world's leading manufacturers. The main advantages of the PC830-Д3 are highlighted, including high accuracy, speed, availability and ease of integration. At the same time, a number of limitations have been identified related to the lack of support for modern digital protocols and less versatility in application. The article contains practical recommendations on the feasibility of using the device in specific operating conditions.

Keywords: relay protection, microprocessor device, PC830-Д3, differential protection, electromechanical relay, automation, digital substation.