

## ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

УДК 621.311.42

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-1/02>

**Бунько В.Я.**

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування  
«Бережанський агротехнічний інститут»

### ВИКОРИСТАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ В РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ ЕНЕРГОСИСТЕМ

*У статті проведено обґрунтування та аналіз використання і впровадження елементної бази мікропроцесорних релейних пристроїв та реле в розподільних пристроях енергетичних систем. Проведено дослідження щодо використання таких пристроїв в лабораторних умовах, а також їх випробування, обробки даних та програмування безпосередньо як на робочому місці так і з диспетчерського пульта.*

*Наведено деякі характеристики щодо випробування, а також використано програмне забезпечення для його налаштування в спеціальному програмному забезпеченні. Встановлено, що основну функцію проведення такого дослідження виконують мікропроцесорні елементи, зокрема пристрої релейного захисту і автоматики, які широко впроваджуються в системах енергозабезпечення енергетичних компаній, а також використовуються для захисту електричного обладнання станцій, підстанцій та електромереж високої і низької напруги.*

*Наведено принципову електричну схему керування високовольтним вимикачем, який використовується в розподільних пристроях енергосистеми.*

*Встановлено, що цей мікропроцесорний термінал дозволяє запам'ятовувати параметри спрацювання захисту і автоматики в журналі аварій для 100 подій із фіксацією виду захисту, значення струму і часу спрацювання, а також запам'ятовування параметрів вимірювання конфігурації відбувається в журналі подій для певної кількості (200 подій).*

*Використання програмного розділу у вікні «Вимірювання і контроль» дозволяє вмикати-вимикати відображення окремих векторів на діаграмі і призначати їх кольори, а також робити зміни масштабу відображуваних векторів, фіксувати струми у кожній фазі та струм нульової послідовності.*

*У статті досліджено та встановлено, що використання мікропроцесорного терміналу дасть можливість правильно та детально аналізувати роботу релейного захисту та автоматики систем електропостачання в цілому. Зокрема застосування мікропроцесорного терміналу дозволить використовувати параметри роботи відходящих ліній електропередач, електричних станцій та підстанцій, оскільки можна буде більш точно визначити параметри подій та аварій у роботі енергетичного обладнання.*

**Ключові слова:** мікропроцесорний релейний захист, мікропроцесорний пристрій, розподільний пристрій.

**Постановка проблеми.** Закордонний досвід експлуатації мікропроцесорних (МП) пристроїв різного призначення показав, що вони мають такі ж або кращі показники надійності й значно менші затрати праці на технічне обслуговування порівняно із традиційними системами. За останні десятиліття мікропроцесорні захисти замінили електромеханічні реле на переважній більшості об'єктів енергетики, промисловості та розподільних пристроїв напругою 10-750 кВ.

Найчисленніший сектор ринку – фідери 10(6)кВ – відтепер здебільшого використовує мікропроцесорний релейний захист. Одним із найважливіших

факторів, що стримують широке застосування МП пристроїв у цьому сегменті є їхня ціна. Перевагами мікропроцесорних пристроїв нехтують, вибираючи дешевші електромеханічні реле, які застаріли технічно й морально. Крім цього, обслуговуючий персонал зазнає певних труднощів із МП-пристроями, тому що для роботи з ними необхідні певні навички. Проміжним тимчасовим рішенням стали мікроелектронні реле, які задовольняють необхідним умовам, але мають істотні недоліки.

У результаті ситуація не влаштовує ні споживачів, що експлуатують і впроваджують РЗА, ні виробників мікропроцесорної техніки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Дослідженнями мікропроцесорних пристроїв захисту займалися Кузнецов С.М., Демиденко І.С., Гашкова А.В., Гречишников В.А., Кутін В.М., Кутіна М.В., Ілюхін М.О. та інші. Значний внесок у розвиток МП систем РЗА внесли: ІЕД НАН України (м. Київ) – Стогній Б.С., Кириленко О.В., Сопель М.Ф.; ВНДІР (м. Чебоксари) – Шнеєрсон Е.М., Нудельман Г.С., Бірг А.Н. [4, с. 12; 5, с. 26]. Досить вагомими результатами були отримані в Київському, Львівському, Мінському, Новочеркаському і Ризькому політехнічних інститутах. В останні роки роботи з розробки, підвищенню ефективності функціонування і впровадженню МП РЗА ведуться вітчизняними розробниками: ВО «Київприлад», конструкторським бюро «Реле й автоматики», ТОВ «Енергомашвин» і підприємством «Хартрон-Інкор» [1, с. 8].

**Постановка завдання.** Розробка і впровадження вітчизняних МП РЗА в розподільних пристроях, а також для більш високих класів напруг ведеться, проте, варто говорити про окремі пристрої, а не про повну систему релейного захисту й автоматики електричної підстанції 35–750 кВ, що може бути забезпечено тільки закордонною фірмою виробником. Тому комплексний характер проблеми й особливості існуючого стану електроенергетики України і РЗА потребують розв'язання зазначених проблем шляхом розробки методів і засобів підвищення ефективності функціонування вітчизняних МП РЗА різноманітних класів напруг [6, с. 27–28].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Використання МП РЗА привело до організації на нових принципах експлуатації силового устаткування. Постійний контроль справності кіл вмикання і відключення комутаційного устаткування, граничного числа оперативних дій, моніторинг струмів відключення дозволяє створити системи діагностики устаткування. Ця функція дозволяє більш обґрунтовано приймати рішення про проведення робіт із ремонту або техобслуговування і виконувати ці роботи тільки тоді, коли цього потребує ситуація [1, с. 26].

Розглянемо деякі режими роботи мікропроцесорного реле РС-83А2.0 в лабораторних умовах та дослідимо його роботу в цілому із системою автоматики та високовольного вимикача, який може використовуватись в розподільних пристроях напругою 10(6)-35кВ.

Мікропроцесорний пристрій захисту РС-83А2.0, призначений для виконання функцій релейного захисту, автоматики, керування і сиг-

налізації приєднань напругою 6-35 кВ, а також може бути використаний на лініях електропередач інших класів напруг [3, с. 6].

Пристрій може встановлюватися в релейних комірках КРП, КРПЗ і КСО, на панелях і в шафах у релейних залах та на пультах керування, а також в релейних шафах зовнішнього встановлення на ВРП.

Пристроєм реалізуються наступні функції:

- 3-х ступінчастий двох або трифазний максимального-струмовий захист (МСЗ) з незалежною або залежною витримкою часу і можливістю блокування від кидка намагнічувального струму (КНС) по другій гармоніці контрольованого струму;

- 2-х ступінчастий захист від замикань на землю (ЗНЗ) по вимірному (при двофазному виконанні пристрою) або розрахунковому (при трифазному виконанні) струму нульової послідовності зі струмом спрацювання відповідно (0,004-1) А або (1-120) А;

- 2-х ступінчастий захист від несиметричного навантаження або обриву фаз по струму зворотної послідовності (ОБР);

- двократне автоматичне повторне вмикання (АПВ);

- АЧР/ЧАПВ – автоматичне частотне розвантаження/частотне АПВ (по дискретному вході від зовнішнього реле частоти);

- прискорення МСЗ при вмиканні вимикача;

- місцеве, з передньої панелі пристрою, або дистанційне керування вимикачем (включення, відключення), у тому числі по інтерфейсі зв'язку RS-485, з контролем несправності кіл включення-відключення (НКЕВО);

- зовнішнє блокування захисту вводу і СВ від пристроїв РЗА відходящих ліній, (логічний захист шин-ЛЗШ);

- резервування відмови вимикача (УРОВ);

- вимірювання струмів фаз і струму нульової послідовності;

- наявність двох груп уставок, що перемикаються з меню по дискретному вході, по мережі;

- реєстрація параметрів спрацювання захистів у журналі аварій (ЖА) на 100 подій;

- реєстрація зміни уставок і налаштувань у журналі подій (ЖП) на 200 подій;

- цифрове осцилографування параметрів аварійних подій.

Використання мікропроцесорного реле відбувається наступним чином. При проходженні струму короткого замикання згідно уставок реагує реле РС83-А2.0, яке підключено у струмових



PC83-A20 25202111301 S/N 06061212								
Назва станції: Лабораторія 2л								
Назва присоединення: РП 8								
Журнал аварий								
Дата и время создания отчета: 15.09.2019 11:16:10								
№ п/п	Дата события	Событие	Входы	Выходы	Ia, A	Ib, A	Ic, A	Io, A
001	15/09/2019 10:56:36	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
004	15/09/2019 10:56:21	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
006	15/09/2019 10:56:08	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
008	15/09/2019 10:54:40	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
011	15/09/2019 10:53:18	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
013	15/09/2019 10:52:58	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
015	15/09/2019 10:52:49	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
017	15/09/2019 10:52:27	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
020	15/09/2019 10:33:54	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
022	15/09/2019 10:33:15	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
024	15/09/2019 10:32:53	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
026	15/09/2019 10:31:47	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
028	15/09/2019 10:20:52	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
030	15/09/2019 10:20:40	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
036	21/06/2002 18:38:51	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
039	27/03/2019 15:54:50	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
041	25/03/2019 10:27:49	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
044	26/04/2018 11:21:45	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
048	25/04/2018 11:15:13	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
050	25/04/2018 09:56:35	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
055	25/04/2018 09:55:22	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
058	25/04/2018 09:54:50	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
060	25/04/2018 09:54:36	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
072	25/04/2018 09:51:16	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
080	25/04/2018 09:35:07	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
083	13/06/2017 10:35:12	АПВ 1-1 Нет включения	0100000000000000	0100100100000000				
084	13/06/2017 10:35:11	АПВ 1-1 Работа	0100000000000000	0000100100000000				
085	13/06/2017 10:35:06	РПО	0100000000000000	1000100100000000				
087	12/06/2017 10:00:26	РПО	0100000000000000	1000100100000000				
096	12/06/2017 09:56:00	РПО	0100000000000000	1000100100000000				
099	12/06/2017 09:55:49	РПО	0100000000000000	1000100100000000				

Рис. 3. Призначення і відображення у вікні «Вимірювання і контроль» програми «Codis» відображаються вектори і їх кольори на діаграмі

У всіх режимах конфігурації, задання уставок, налагодження та перевірки пристрою його зв'язок із комп'ютером і програмою верхнього рівня може здійснюватися через локальну інформаційну мережу з інтерфейсом RS-485 або порт USB на передній панелі пристрою за допомогою протоколу зв'язку Modbus-RTU [7, с. 30].

Використання цього розділу в програмі дозволяє вмикати-вимикати відображення окремих векторів на діаграмі і призначати їх кольори. У правій частині діаграми є повзунки для зміни масштабу відображуваних векторів, також фіксувати струми у кожній фазі та струм нульової послідовності (рис. 3) [2, с. 67].

Даний мікропроцесорний термінал дозволяє запам'ятовувати параметри спрацювання захисту

і автоматики в журналі аварій для 100 подій з фіксацією виду захисту, значення струму і часу спрацювання (рис. 4).

Запам'ятовування параметрів вимірювання конфігурації відбувається в журналі подій для певної кількості (200 подій) (рис. 5).

**Висновки.** Отже, використання мікропроцесорного терміналу дасть можливість правильно та детально аналізувати роботу релейного захисту та автоматики систем електропостачання. Зокрема застосування мікропроцесорного терміналу дозволить використовувати параметри роботи відходящих ліній електропередач, електричних станцій та підстанцій, оскільки можна буде більш точно визначити параметри подій та аварій у роботі енергетичного обладнання.

PC83-A20 25202111301 S/N 06061212								
Название станции: Лабораторія 2л								
Название присоединения: РП 8								
Журнал аварий								
Дата и время создания отчета: 15.09.2019 11:16:10								
N п/п	Дата события	Событие	Входы	Выходы	Ia, A	Ib, A	Ic, A	Io, A
001	15/09/2019 10:56:36	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
004	15/09/2019 10:56:21	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
006	15/09/2019 10:56:08	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
008	15/09/2019 10:54:40	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
011	15/09/2019 10:53:18	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
013	15/09/2019 10:52:58	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
015	15/09/2019 10:52:49	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
017	15/09/2019 10:52:27	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
020	15/09/2019 10:33:54	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
022	15/09/2019 10:33:15	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
024	15/09/2019 10:32:53	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
026	15/09/2019 10:31:47	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
028	15/09/2019 10:20:52	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
030	15/09/2019 10:20:40	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
036	21/06/2002 18:38:51	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
039	27/03/2019 15:54:50	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
041	25/03/2019 10:27:49	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
044	26/04/2018 11:21:45	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
048	25/04/2018 11:15:13	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
050	25/04/2018 09:56:35	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
055	25/04/2018 09:55:22	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
058	25/04/2018 09:54:50	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
060	25/04/2018 09:54:36	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
072	25/04/2018 09:51:16	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
080	25/04/2018 09:35:07	РПО	0110000000000000	1000100100000000				
083	13/06/2017 10:35:12	АПВ 1-1 Нет включения	0100000000000000	0100100100000000				
084	13/06/2017 10:35:11	АПВ 1-1 Работа	0100000000000000	0000100100000000				
085	13/06/2017 10:35:06	РПО	0100000000000000	1000100100000000				
087	12/06/2017 10:00:26	РПО	0100000000000000	1000100100000000				
096	12/06/2017 09:56:00	РПО	0100000000000000	1000100100000000				
099	12/06/2017 09:55:49	РПО	0100000000000000	1000100100000000				

Рис. 4. Параметры журнала аварий за певний період

PC83-A20 25202111301 S/N 06061212				
Название станции: Лабораторія 2л				
Название присоединения: РП 8				
Журнал событий				
Дата и время создания отчета: 15.09.2019 11:17:04				
N п/п	Дата события	Название события	Новое значение	Источник события
001	15/09/2019 10:52:09	Команда откл. ВВ		
002	15/09/2019 10:51:45	НЦЭВО	0000000000000000	
003	15/09/2019 10:51:04	Команда вкл. ВВ		
004	15/09/2019 10:50:53	Команда откл. ВВ		
005	15/09/2019 10:50:51	Команда откл. ВВ		
006	15/09/2019 10:39:29	Команда вкл. ВВ		
007	15/09/2019 10:38:06	Команда откл. ВВ		
008	15/09/2019 10:32:12	Команда вкл. ВВ		
009	15/09/2019 10:32:01	Команда вкл. ВВ		
010	15/09/2019 10:31:19	Включили устройство	Устройство включено	
011	15/09/2019 10:29:31	Выключили устройство	Устройство отключено	
012	15/09/2019 10:29:29	НЦЭВО	0000000000000000	
013	15/09/2019 10:24:19	Команда откл. ВВ		
014	15/09/2019 10:24:15	Команда откл. ВВ		
015	15/09/2019 10:19:29	Разрешение ТУ	Вкл.	
016	15/09/2019 10:19:28	Разрешение ТУ	Откл.	
017	15/09/2019 10:33:46	Команда вкл. ВВ		
018	15/09/2019 10:33:44	Команда вкл. ВВ		
019	15/09/2019 10:33:07	Команда откл. ВВ		
020	15/09/2019 10:32:21	Команда откл. ВВ		
021	15/09/2019 10:20:37	Команда откл. ВВ		
022	15/09/2019 10:20:17	Команда откл. ВВ		
023	15/09/2019 10:20:07	НЦЭВО	0000000000000000	
024	15/09/2019 10:19:49	Команда откл. ВВ		
025	15/09/2019 10:19:27	НЦЭВО	0000000000000000	
026	15/09/2019 10:18:34	Команда откл. ВВ		
027	15/09/2019 10:18:01	НЦЭВО	0000000000000000	

Рис. 5. Параметры журнала подій

## Список літератури:

1. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронне видання] : навч. посіб. / О.С. Яндутьський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндутьського. К. : НТУУ «КПІ», 2016. 102 с.
2. Бунько В.Я. Дослідження та аналіз роботи мікропроцесорного пристрою в умовах зміни потужності споживача [Електронний ресурс] / В.Я. Бунько, П.М. Дарморіс // *Енергетика і автоматика*. 2019. № 1. С. 64–72. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia\\_2019\\_1\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia_2019_1_9).
3. Микропроцессорное устройство релейной защиты и автоматики РС83-А2.0. Руководство по эксплуатации ЕАБР.656112.011 РЭ (редакция 1.8).
4. Кутін В.М. Засоби діагностування релейного захисту і автоматики електроенергетичних систем / В.М. Кутін, М.В. Кутіна, М.О. Ілюхін. Вінниця : ВНТУ, 2013. 117 с.
5. Данилов О.А. Спрощений метод розрахунку параметрів мікропроцесорного захисту по збільшенню струму / О.А. Данилов // *Електрифікація транспорту*. 2014. № 8. С. 26–29. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/eltr\\_2014\\_8\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/eltr_2014_8_5).
6. Бунько В.Я. Аналіз методів та засобів підвищення надійності елементів релейного захисту / В.Я. Бунько // *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 3(1). С. 26–30. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tatrv\\_2015\\_3%281%29\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tatrv_2015_3%281%29_7).
7. URL: [http://gzasystems.com/product/rs83-a2\\_0/](http://gzasystems.com/product/rs83-a2_0/) (дата звернення 17.09.2019).

### **Bunko V.Ya. USE OF MICROPROCESSOR ELEMENTS OF RELAY PROTECTION IN DISTRIBUTION DEVICES OF ENERGY SYSTEMS**

*The article substantiates and analyzes the use and implementation of the microprocessor relay element and relay element base in power distribution systems. Research has been conducted on the use of such devices in the laboratory, as well as their testing, data processing and programming directly from the workplace and from the control room.*

*Some test specifications are provided, as well as software used to configure it in special software. Microprocessor elements, such as relay protection and automation devices, which are widely implemented in energy systems of power companies, and used to protect the electrical equipment of high and low voltage power stations, substations, and power grids have been found to be the main function of such research.*

*The schematic diagram of the control of the high-voltage switch used in power distribution systems is shown.*

*It is established that this microprocessor terminal allows to store the parameters of the protection and automatics in the log of accidents for 100 events with fixation of the type of protection, the value of the current and the time of the actuation, as well as storing the parameters of the measurement of configuration occurs in the log of events for a certain number (200 events).*

*Using the software section in the Measurement and Control window allows you to enable and disable the display of individual vectors in the diagram and assign their colors, as well as make changes to the scale of the displayed vectors, capture currents in each phase and zero sequence current.*

*The article investigates and establishes that the use of microprocessor terminal will allow to analyze correctly and in detail the work of relay protection and automation of power supply systems as a whole. In particular, the use of a microprocessor terminal will allow the use of parameters of the outgoing power lines, power plants and substations, since it will be possible to more accurately determine the parameters of events and accidents in the operation of power equipment.*

**Key words:** *microprocessor relay protection, microprocessor device, switchgear.*