

УДК 621.311

С.П. Колесник, инженер

ПАО «Электротехнический завод», РЕЛСиС®, г.Киев, Украина

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В СЕТЯХ 6-35 кВ НА ИННОВАЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЯХ «РЕЛСИС»

Рассмотрено возможные пути решения проблем релейной защиты в распределительных электрических сетях напряжением 6-35 кВ на инновационных изделиях «РЕЛСИС».

Введение

В настоящее время в схемах релейной защиты и автоматики используются три поколения устройств: электромеханические, микроэлектронные и микропроцессорные. Основную массу составляют электромеханические измерительные и логические реле, а также комплектные устройства на их базе, большинство из которых проработало уже более 25-30 лет, морально и физически устарели, их гарантийный срок эксплуатации уже значительно превышен. Количество находящихся в эксплуатации простых электромеханических и статических реле в СНГ составляет более 30 млн штук на сумму более 26 млрд рублей в ценах 2006 г. [1].

Исходя из принятого допущения, что количество находящихся в эксплуатации реле и устройств РЗА в Украине составляло примерно 20 % от всех устройств РЗА СНГ, можно сделать вывод, что соответственно количество реле в Украине составляет более 6 млн штук на сумму около 3 млрд грн.

В связи с этим вопросом, во избежание неминуемых отказов релейной защиты, эксплуатирующим организациям потребуется решать задачи замены, отслуживших свой срок, старых реле на новые. ПАО «Электротехнический завод «РЕЛСиС» (г. Киев) разработал и наладил выпуск современных микропроцессорных реле и устройств РЗА на любой бюджет.

Варианты решения задач РЗА в сетях 6-35 кВ на инновационных изделиях «РЕЛСИС»

Завод «РЕЛСиС» предлагает несколько вариантов решения по переоснащению устройств РЗА в зависимости от финансовых возможностей предприятия:

- замена электромеханических устройств РЗА на новые простые реле «РЕЛСиС»;
- упрощенные микропроцессорные устройства защиты и автоматики серии РЗЛ-03;
- универсальные микропроцессорные устройства РЗА серии РЗЛ-01, РЗЛ-02, РЗЛ-04;
- многофункциональные устройства серии СЕЗАМ.

Новые простые реле энергетики

Для замены электромеханических реле производства ОАО «ЧЭАЗ» заводом «РЕЛСиС» предлагается разнообразная гамма статических реле (тока, напряжения, времени, контроля), выполненных на современной микропроцессорной и микроэлектронной базе, и промежуточных реле.

Простые реле выпускаются в двух вариантах конструкции: традиционные прямоугольные корпуса, совпадающие по габаритным и установочным размерам с устаревшими реле-аналогами, и реле модульной конструкции с возможностью установки на DIN-35 рейку.

Номенклатура простых реле традиционной конструкции приведена в таблице 1.

Внешний вид реле тока АЛ-5 традиционной конструкции приведен на рисунке 1.

Номенклатура простых реле модульной конструкции приведена в таблице 2, а внешний вид модульного реле напряжения НЛ-6А-1 – на рисунке 2.

Таблица 1

Номенклатура простых реле традиционной конструкции

Серии реле	Заменяемые аналоги
Реле тока АЛ-1, АЛ-3, АЛ-3-В, АЛ-3-ОВ, АЛ-4, АЛ-4-1, АЛ-5-1...	РСТ11...14, РСТ40, РСТ11М, РТ40, РТ140, РС40М, -М1, -М2, -М21, РТЗ-51, РТЗ- 51.01, РТ- 81...86, РТ-91...96, РС80М2-1...15
Реле напряжения НЛ-4, НЛ-5, НЛ-6, НЛ-7, НЛ-8, НЛ-9, НЛ-11	РСН14...18, РН53, РН153,РН54, РН154, РСН50-1...7
Реле времени ВЛ100А, ВЛ101А, ВЛ102, ВЛ103, ВЛ- 103А, ВЛ104, ВЛ104А, ВЛ108	РВ100, РВ200, ЭВ100, ЭВ200, РВ-01, РВ-03, РСВ14, РСВ18-13, РВМ-12, РВМ-13, РСВ13, РСВ160, РСВ255, РСВ260, РВП01
Реле контроля ЕЛ-17, ЕЛ-18	РН51, РСН151, РСН11
Реле контроля трехфазного напряжения ЕЛ-11, ЕЛ-12, ЕЛ-13	РОФ-11, -12, -13, РСН-25, -26, -27
Реле промежуточные ПЭ-40, ПЭ-42	РП23,РП25, РП16-1,5,6,7, РП16-1М, -7М, РЭП36-11, -21, РЭП-36, РП16-2...4, РЭП36-12, РЭП36-13, РЭП36-14, РП255, РП232
Реле промежуточные быстродействующие ПЭ-41, ПЭ-43	РП17-1, РП17-2, РП17-3, РП17-4, РП17-5, РП-220, РЭП37-13
Реле промежуточные с замедлением ПЭ-44, ПЭ-45	РП18-1...0, РЭП37-111, -112, -113, -121, -221, РП250, РЭП96, РП18М
Реле промежуточные двухпозиционные ПЭ-46	РП-11, РП-12, РП-11М, -12М, РЭП38Д
Реле световой сигнализации ЕЛ-20	ППБ1...ППБ4, УПП, РСВ18-31



Рис. 1. Внешний вид реле тока АЛ-5 традиционной конструкции

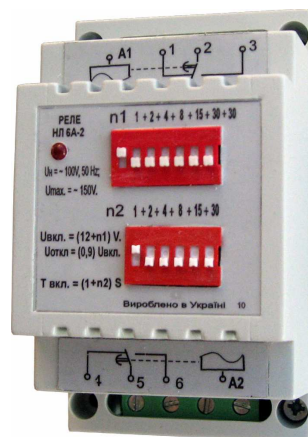


Рис. 2. Внешний вид реле напряжения НЛ-6А-1 модульной конструкции

Особенности статических реле для энергетики:

- рабочая температура от минус 40 до плюс 55 °С;
- конструкция реле универсальна, монтаж с передним и с задним присоединением проводов, имеются исполнения реле для установки на DIN-35 рейку;
- ступенчатая регулировка уставок срабатывания с дискретностью 1 %;
- отсчет уставок (времени, тока, напряжения) привычный десятичный, а не в двоичном коде суммированием переключателей;
- высокая точность: погрешностью 1-2 %, повторяемость 0,5-1 %;

- фиксированный порог срабатывания и отпускания для исключения ложной работы при КЗ в цепях оперативного питания;
- визуальный контроль и возможность оперативного изменения уставок, реле имеют прозрачную крышку с возможностью её пломбирования;
- светодиодная индикация срабатывания выходного реле.

Таблица 2

Номенклатура простых реле модульной конструкции

Серии реле	Тип реле
Реле тока	АЛ-1А
Реле напряжения	НЛ-6А, НЛ-7А, НЛ-8А, НЛ-9А, НЛ-6А -1, НЛ-7А-1, НЛ-6А-2, НЛ18-1, НЛ18-2, НЛ-19
Реле времени	ВЛ-162, ВЛ-73А, ВЛ-76А, ВЛ-79А, ВЛ-102А, ВЛ100А-1, ВЛ -101А-1
Реле контроля трехфазного напряжения	ЕЛ-11А, ЕЛ-12А, ЕЛ-13А, ЕЛ-21, ЕЛ-22Н, ЕЛ-23
Реле контроля изоляции	ЕЛ-17А
Реле промежуточные	ПЭ- 40А, ПЭ-41А
Реле промежуточные с замедлением	ПЭ- 44А, ПЭ-45А
Реле промежуточные двухпозиционные	ПЭ-46А
Фотореле	ФР-02, ФР-03, ФР-04
Реле световой сигнализации	ЕЛ-20А, ЕЛ-2И

Состав комплекса реле для энергетики**Реле тока:**

Двухфазные реле максимального тока без оперативного питания:

- **АЛ-3** – без выдержки времени;
- **АЛ-3-В** – с независимой выдержкой времени;
- **АЛ-3-ОВ** – с независимой и двумя зависимыми характеристиками срабатывания типа РТ-80 и РТВ-1 (по выбору с лицевой панели);
- **АЛ-5** – двухступенчатые (ТО+МТЗ), с независимой и двумя зависимыми характеристиками срабатывания типа РТ-80 и РТВ-1 (по выбору с лицевой панели);
- **АЛ-4** – однофазные реле максимального тока для использования в схемах защит от замыкания на землю.

Реле времени:

- **ВЛ-100А, ВЛ-102, ВЛ-102А** – одно-, двух-, трехцепные реле времени с выдержкой на срабатывание с мгновенным, проскальзывающим и замыкающим (переключающим) контактом;

- Одно-, двух-, трехцепные реле времени с выдержкой на отпускание с мгновенным, проскальзывающим и замыкающим (переключающим) контактом – **ВЛ103, ВЛ101А**, в т.ч. с регулируемым порогом отпускания (**ВЛ103А**);

- **ВЛ104, ВЛ104А** – трехцепные реле времени с двумя проскальзывающими и одним замыкающим контактами, с питанием от токовых цепей двух фаз;

- **ВЛ108** – реле однократного повторного включения с оперативным питанием постоянного или переменного тока.

Реле напряжения:

- **НЛ4** – реле максимального напряжения переменного тока с оперативным питанием и широким диапазоном уставок по напряжению от 10 до 500 В в одном исполнении;

- **НЛ5** – реле минимального напряжения переменного тока с оперативным питанием и широким диапазоном уставок по напряжению от 10 до 500 В в одном исполнении;

- **НЛ6** – реле максимального напряжения переменного тока без оперативного питания, для монтажа на DIN-35 рейку – **НЛ6А**;
- **НЛ6А-1** – реле максимального напряжения переменного тока с широким диапазоном уставок срабатывания, для монтажа на DIN-35 рейку;
- **НЛ7** – реле минимального напряжения переменного тока без оперативного питания, для монтажа на DIN-35 рейку – **НЛ7А**;
- **НЛ8** – реле максимального напряжения постоянного тока без оперативного питания, для выступающего монтажа на DIN-35 рейку – **НЛ8А**;
- **НЛ8А-1** – реле максимального напряжения постоянного тока с широким диапазоном уставок срабатывания для монтажа на DIN-35 рейку;
- **НЛ9** – реле напряжения постоянного и переменного тока с двумя порогами срабатывания и отпускания, для монтажа на DIN-35 рейку – **НЛ9А**;
- **НЛ11** – реле минимального напряжения трехфазного тока с задержкой выходного сигнала и контактами мгновенного действия;
- **НЛ18-1 и НЛ18-2** – реле соответственно максимального и минимального напряжения постоянного и переменного тока с цифровой индикацией значения контролируемого напряжения без оперативного питания для монтажа на DIN-35 рейку;
- **НЛ19** – реле напряжения постоянного и переменного тока с двумя программируемыми порогами срабатывания и отпускания, с цифровой индикацией значения контролируемого напряжения без оперативного питания для монтажа на DIN-35 рейку.

Реле контроля:

- **ЕЛ17** – реле контроля изоляции цепей постоянного тока;
- **ЕЛ18** – реле контроля уровня пульсаций в цепях постоянного тока;
- **ЕЛ20** – прерыватель импульсный (пульс-реле) для цепей постоянного и переменного тока с равным временем включения-отключения (для монтажа на DIN-35 рейку – **ЕЛ20А**).

Промежуточные реле для энергетики:

- **ПЭ-40** – промежуточные реле постоянного и переменного тока с катушками включения от напряжения и тока;
- **ПЭ-41** – быстродействующие промежуточные реле постоянного и переменного тока с временем срабатывания до 0,011 с;
- **ПЭ-42** – промежуточные реле со срабатыванием от обмотки напряжения и удержание обмотками тока (до 3-х), а также со срабатыванием от обмотки тока и удержание в притянутом состоянии от обмотки напряжения;
- **ПЭ-43** – быстродействующие промежуточные реле постоянного и переменного тока с удерживающими обмотками и временем срабатывания до 0,011 с;
- **ПЭ-44** – промежуточные реле с замедлением при срабатывании, в т.ч. с возможностью удержания в притянутом состоянии от токовых обмоток;
- **ПЭ-45** – промежуточные реле постоянного и переменного тока с катушками включения от напряжения и замедлением на возврат;
- **ПЭ-45-21** – промежуточные реле со срабатыванием от обмотки напряжения, удерживающей токовой обмоткой и замедлением на возврат;
- **ПЭ-46** – двухпозиционные реле постоянного и переменного тока с управлением напряжением импульсно.

Особенности промежуточных реле для энергетики производства завода «РЕЛСис»:

- 1) количество контактов до 8 групп в разных сочетаниях;
- 2) время срабатывания незамедленных реле ПЭ40 до **30 мс**, у быстродействующих реле ПЭ41, ПЭ43 для защит сверхвысокого напряжения до 10 мс;
- 3) порог срабатывания реле постоянного тока находится в пределах **0,6-0,65 Уном**; а порог отпускания – в пределах **0,3-0,4 Уном**;

4) потребление обмоток параллельного включения на постоянном токе не более **6 Вт**, что обеспечивает возможность их замыкания и особенно размыкания маломощными контактами измерительных реле, потребление прореле на переменном токе не более 10 ВА;

5) мощность контактов достаточна для прямого действия на отключающую катушку выключателя;

6) коммутационная способность (обеспечивают включение нагрузки):

- на постоянном токе до 15 А, отключение – 0,25 А;

- на переменном токе – до 1000 ВА при $\cos\phi \approx 0,5$;

7) количество срабатываний: до 50 000 под нагрузкой и 100 000 без нагрузки;

8) имеется возможность визуального наблюдения за перемещением контактов без снятия корпуса (прозрачная крышка в месте расположения контактов);

9) конструкция реле обеспечивает установку выступающим монтажом над лицевой панелью;

10) по роду присоединения внешних проводников реле выполняются для выступающего исполнения как с передним, так и с задним присоединением проводов (в одном исполнении без дополнительных деталей, шпилек и т.п.);

11) негорючесть и огнестойкость по требованиям для необслуживаемых устройств:

- корпуса до 650 °С;

- клеммники и детали, удерживающие токоведущие части, – до 960 °С;

12) вибро- и ударопрочность, в т.ч. сейсмостойкость при землетрясении до 9 баллов, а именно: вибрация 1-100 Гц при ускорении до 2g; многократные удары до 3g длительностью до 20 мс;

13) выводы реле для присоединений внешних проводников должны допускать присоединение двух проводов сечением 1,5 мм², токовых обмоток – одного провода сечением до 4 мм²;

14) контакты реле - только замыкающие и размыкающие;

15) схемы подключения, габаритные, присоединительные размеры, сочетания удерживающих обмоток и контактов как в реле РП16 - РП18;

16) возможность перестройки контактов с одного исполнения на другое.

Так как реле могут месяцами и годами находиться под напряжением, то основным требованием в прореле является электрическая, механическая и термическая прочность обмоток катушек (устойчивость к перенапряжениям до 2 Uном до 10 с и импульсно до 5 кВ – 10 мс, нагревание обмоток более 100 °С требует правильного выбора обмоточного провода с соответствующим классом нагревостойкости и условием токовых перегрузок до 3 I ном. длительно и 30 I ном. в течение 1 с).

Упрощенные микропроцессорные устройства защиты и автоматики серии РЗЛ-03

Устройства серии РЗЛ-03 являются функциональным аналогом двух электромеханических реле типа РТ-80, РТ-90 и микроэлектронных РС-80М2, УЗА-АТ, отслуживших свой срок и требующих замены на современные микропроцессорные устройства.

В устройстве **РЗЛ-03** реализованы четыре основных требования:

1. Является полной заменой реле РТ-80, РС-80М2, имеет ту же форму корпуса и является аналогичным по условиям эксплуатации (температура от -40 до +55 °С), имеет схемы привязки под различные типы выключателей, что упрощает проектные работы и монтаж на подстанции, имеет аналогичные функции, в том числе питание от токов КЗ при отсутствии оперативного напряжения на подстанции.

2. Обладает дополнительными неоспоримыми преимуществами по сравнению с микроэлектронными и электромагнитными реле:

- постоянная самодиагностика – реле неисправности указывает на работоспособность устройства;

- дополнительные функции защиты – ускорение МТЗ; оперативное ускорение; блокировка ТО; блокировка МТЗ, АПВ, ЛЗШ, АЧР, ЧАПВ; защита двигателя от асинхронного хода;
- дополнительные функции по контролю – измерение и отображение фазных токов; контроль исправности цепей управления выключателем;
- дополнительные функции по индикации – отображение параметров последней аварии на дисплее (фазные токи) и светодиодах (сработавшие функции, работа входов и т.д.).

3. Имеет упрощенное меню и его визуализация облегчает работу релейного и оперативного персонала с устройством РЗЛ-03. Меню содержит все необходимые уставки и параметры для использования реле, указывает параметры последней аварии, легко квитируется кнопкой управления либо ключом управления по входу устройства. Микропроцессорное устройство РЗЛ-03 отличается простотой и удобством в обслуживании.

4. Имеет привлекательную и конкурентоспособную цену по сравнению с микроэлектронными реле и аналогичным решением на электромеханических реле.

Эксплуатационные возможности устройства РЗЛ-03:

- возможность работы как с вакуумными, так и с масляными типами высоковольтных выключателей, в т.ч. со схемой дешунтирования;
- задание внутренней конфигурации (ввод/вывод защит и автоматики);
- отображение с помощью светодиодных индикаторов состояния дискретных входов, пусков работы МТЗ, неуспешного АПВ и т.п.;
- выбор типа времятоковой характеристики;
- жесткое и свободное назначение дискретных выходов на функции пуска/работы МТЗ, АПВ, ЛЗШ, ДВ;
- регистрация и хранение параметров последнего аварийного события;
- индикация до сброса (с запоминанием) срабатывания ТО, МТЗ, АПВ, ДВ;
- возможность сброса индикации с передней панели или дистанционно;
- питание схемы устройства только от контролируемых токовых цепей;
- непрерывный контроль работоспособности (самодиагностику) в течение всего времени работы;
- блокировка всех выходов при неисправности устройства для исключения ложных срабатываний;
- конструктивные исполнения: с утопленным и выступающим монтажом.

Внешний вид устройства РЗЛ-03 приведен на рисунке 3.

Функции защиты, выполняемые устройством:

- 1) трехступенчатая максимальная токовая защита от междуфазных повреждений с контролем двух/трехфазных токов;
- 2) возможность работы МТЗ в режиме ускоряющей отсечки с возможностью выбора активных ступеней для ускорения;
- 3) одноступенчатая ненаправленная защита от однофазных замыканий на землю;
- 4) функция логической защиты шин (ЛЗШ);
- 5) возможность подключения внешних защит;
- 6) операции отключения и включения выключателя;
- 7) функция однократного/двукратного АПВ после работы МТЗ или ДВ, работа АПВ по назначенным ступеням МТЗ;
- 8) функция УРОВ по назначенным ступеням МТЗ;
- 9) фиксация параметров аварии в момент срабатывания защиты;
- 10) встроенные часы-календарь;
- 11) измерение текущих фазных токов и их отображение в первичных/вторичных значениях на светодиодном индикаторе.

Универсальные микропроцессорные устройства РЗА для сетей 6-35 кВ серии РЗЛ-01, РЗЛ-02, РЗЛ-04

Эксплуатационные возможности:

- выполнение функций защит, автоматики и управления, определенных ПУЭ и ПТЭ;
- задание внутренней конфигурации (ввод/вывод защит и автоматики);
- ввод, просмотр и хранение 2 групп уставок защит и автоматики;
- свободное назначение светодиодных индикаторов для отображения состояния дискретных входов, пусков/работы МТЗ/ЗНЗ, успешного/неуспешного АПВ, ускорения МТЗ, а также других защитных и сервисных функций;
- свободное ранжирование состояний логических функций и дискретных входов/выходов на 16 каналов осциллографа;
- получение дискретных сигналов управления и блокировок, в т.ч. квитирование аварий, запуск осциллографа по ДВ;
- телеуправление, телеизмерение, передача параметров аварии, ввод и изменение уставок по линии связи;
- непрерывный оперативный контроль работоспособности (самодиагностика) в течении всего времени работы;
- блокировка всех выходов при выявлении контролирующей системы неисправности устройства для исключения ложных срабатываний;
- гальваническая развязка всех входов и выходов, включая питание, для обеспечения высокой помехозащищенности.

Внешний вид устройства РЗЛ-01 приведен на рисунке 4.

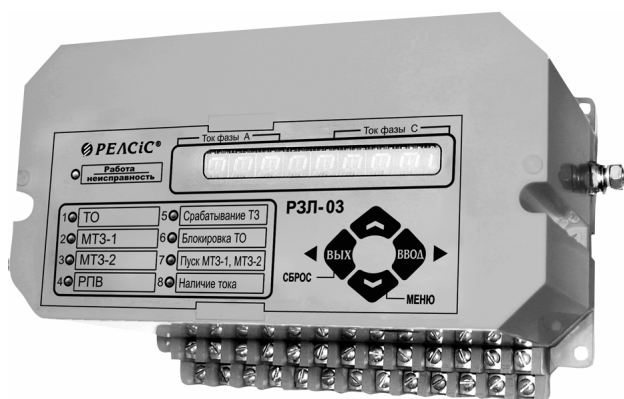


Рис. 3. Внешний вид устройства РЗЛ-03



Рис. 4. Внешний вид устройства РЗЛ-01

Функции защиты:

- 1) трехступенчатая максимальная токовая защита от междуфазных повреждений с контролем двух/трехфазных токов;
- 2) возможность работы МТЗ в режиме ускоряющей отсечки с возможностью выбора активных ступеней для ускорения;
- 3) одноступенчатая ненаправленная защита от однофазных замыканий на землю;
- 4) направленная двухступенчатая защита от однофазных коротких замыканий на землю (только РЗЛ-04);
- 5) функция логической защиты шин (ЛЗШ);
- 6) возможность подключения внешних защит;
- 7) направленная максимальная токовая защита (только РЗЛ-02);
- 8) АЧР – автоматическая частотная разгрузка (только РЗЛ-02, РЗЛ-04);
- 9) ЧАПВ – частотное автоматическое повторное включение (только РЗЛ-02, РЗЛ-04);
- 10) ЗМН – защита минимального напряжения (только РЗЛ-02);
- 11) ЗПН – защита от повышения напряжения (только РЗЛ-02).

Функции автоматики и дополнительные сервисные функции:

- операции отключения и включения выключателя по внешним командам;
- функция однократного/двукратного АПВ после работы МТЗ или ДВ, работа АПВ по назначенным ступеням МТЗ;
- функция УРОВ по назначенным ступеням МТЗ;
- фиксация токов в момент срабатывания защиты;
- встроенные часы-календарь;
- измерение текущих фазных токов и их отображение в первичных/вторичных значениях на ЖКИ;
- цифровой осциллограф (энергонезависимый);
- журнал событий (энергонезависимый);
- журнал статистики (энергонезависимый);
- возможность выбора языка интерфейса для ЖКИ (русский, украинский, английский).

Номенклатура микропроцессорных устройств (МПУ) релейной защиты и автоматики для распределительных сетей 6/35 кВ завода «РЕЛСиС»:

РЗЛ-01.01 – МПУ токовой защиты и автоматики присоединений с расширенными функциональными возможностями;

РЗЛ-01.02 – МПУ токовой защиты и автоматики присоединений с расширенными функциональными возможностями с возможностью питания от токов короткого замыкания;

РЗЛ-01.03 – МПУ токовой защиты и автоматики присоединений с расширенными функциональными возможностями с возможностью питания от токов короткого замыкания и функцией дешунтирования;

РЗЛ-02-Л – защита воздушной и кабельной линии 6-35 кВ по току и напряжению (направленная);

РЗЛ-02-ВВ – защита ввода 6-35 кВ по току и напряжению;

РЗЛ-02-СВ – защита секционного выключателя 6-35 кВ по току и напряжению;

РЗЛ-04 – устройство релейной защиты для кабельных и карьерных линий.

Многофункциональные устройства серии СЕЗАМ

В устройствах серии СЕЗАМ заложены самые современные принципы. Логика функционирования строится на базе библиотеки стандартных функций ANSI с использованием современных открытых языков высокого уровня. Модульный принцип построения конструкции позволяет оптимизировать ее в соответствии с решаемой задачей, что позволяет достичь наилучших показателей «цена/функциональность».

Внешний вид устройства СЕЗАМ приведен на рисунке 5.

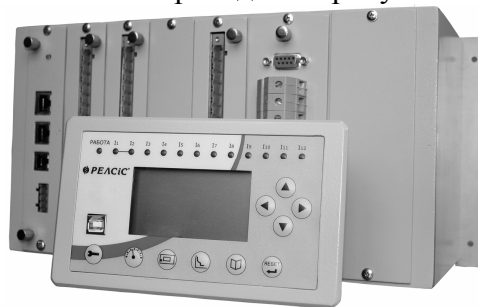


Рис. 5. Внешний вид устройства СЕЗАМ

Серия СЕЗАМ обладает всеми стандартными функциями микропроцессорных защит – функциями защиты, измерения, автоматики, диагностики сети и коммутационного аппарата, самодиагностики, цифрового осциллографирования и связи по открытому протоколу MODBUS. При этом необходимо подчеркнуть, что устройство, соответствуя всем необходимым требованиям к перспективному развитию системы, не перегружено избыточными функциями, что позволяет обеспечить оптимальное соотношение цены и качества.

Устройство СЕЗАМ состоит из двух блоков: базовый модуль, который устанавливается непосредственно в шкафах, релейных отсеках КРУ, и выносной пульт управления, который соединяется с основным блоком с помощью интерфейсного кабеля.

Базовый модуль хранит и выполняет программу логики работы. Пульт управления хранит меню пользователя, выполняет функции отображения текущих параметров и редактирования уставок.

Набор унифицированных аппаратных решений, а также большая библиотека стандартных функций защиты и автоматики устройств серии СЕЗАМ позволяют быстро создать устройство под ваши потребности.

Выводы

Сегодня наше предприятие видит своей стратегической целью разработку и создание инновационной наукоемкой продукции, с гибкой аппаратно-программной структурой конфигурирования, с возможностью телеизмерения и телеуправления, а также возможностью их применения в существующих комплектных устройствах управления и защиты.

В сегодняшних непростых экономических условиях, как никогда, актуальными становятся вопросы применения инновационных технологий экономии ресурсов и электроэнергии, их грамотном внедрении для снижения издержек производства, принятия правильного решения в выборе нужной продукции при оптимальных затратах на его приобретение. Причем продукции, рассчитанной в конечном итоге на повышение надежности, простоту и удобство обслуживания.

Список использованных источников

1. Сушко В. А. Релейная защита присоединений 6-35 кВ. Есть ли выход из тупика? / В. А. Сушко // Новости электротехники. – 2006. – № 4(40). – С. 33-35.

УДК 621.316.1.024

О.О. Мірошник, канд. техн. наук

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, м. Харків, Україна

МЕТОД РОЗРАХУНКУ СИМЕТРИЧНИХ СКЛАДОВИХ НАПРУГ МЕРЕЖІ 0,38/0,22 кВ

Запропоновано матричний метод розрахунку симетричних складових напруги мережі 0,38/0,22 кВ, який може бути покладений в основу математичного апарату для розробки програмного продукту з розрахунку несиметрії напруг.

Постановка проблеми

Проблема поліпшення якості та зменшення додаткових втрат електричної енергії, викликаних відхиленням показників якості електричної енергії від допустимих значень, є актуальною в сільських електричних мережах напругою 0,38/0,22 кВ. Аналіз режимів роботи сільських мереж напругою 0,38/0,22 кВ [1] показав, що несиметрія струмів обумовлена роботою комунально-побутового навантаження, основну частину якого складають нерівномірно розподілені по фазах однофазні електроприймачі. Тому знання величини несиметрії в мережі дозволяє уточнити рівень втрат електроенергії та застосувати відповідні заходи щодо їх зниження. Сучасний рівень комп'ютерної техніки дозволяє в реальному часі виконувати обчислення цих втрат, тому виникає необхідність створити математичний апарат, який буде основою програмного продукту з розрахунку несиметрії в мережах 0,38/0,22 кВ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розрахунок розподілу симетричних складових напруг розгалуженої сільської мережі 0,38/0,22 кВ досить складний. Обчислення параметрів всієї мережі або її частини до