ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ТА КОМПЛЕКСИ

УДК 621.311

АНАЛІЗ ВТРАТ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПРОТОКОЛ *MODBUS RTU* ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Б.С. Стогній[1], акад. НАН України, **А.В. Панов**[2], мол. наук. співр., **Д.В. Войтов**[3], інж., **М.О. Нестриженний**[4]
1–3 – Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна
4 – МПП "АНІГЕР",
вул. Гарматна, 2, Київ, 03680, Україна
regina@regina.org.ua

Коротко розглянуто деякі питання впровадження мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики в Україні; описано та проаналізовано результати експерименту з оцінки втрат інформації при користуванні протоколом Modbus RTU в інформаційних системах. Бібл. 4, рис. 2, таблиця.
Ключові слова: інформація, МПРЗА, *Modbus RTU*.

Використання мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики (МПРЗА) вже давно стало нормою в енергетиці переважної більшості країн світу. Існують окремі думки про недоцільність тотального переходу саме на мікропроцесорні пристрої РЗА [1, 2], але більшість фахівців погоджується з необхідністю формування систем релейного захисту на основі МПРЗА. Цей процес розпочався в Україні з деяким запізненням. Але починаючи з 2000 р. на енергетичних об'єктах стали впроваджувати термінали МПРЗА, а саме дистанційні захисти *Siemens SA*513 для всіх ліній класу напруги 500...750 кВ. Згодом кількість та типи використовуваних терміналів зросли в основному за рахунок модернізацій підстанцій класу 330...750 кВ та будівництва нових об'єктів, вдосконалення релейних захистів ВРП атомних та гідроелектростанцій. При цьому закупівлі та встановлення МПРЗА проходять як на державному рівні, так і в приватному секторі великих підприємств, але мають деякі характерні риси. Це, в першу чергу, небажання замовників використовувати схему "під ключ", тобто закупівля терміналів МПРЗА завжди проходить у різних виробників, що призводить до безладу в зв'язку з необхідністю мати велику кількість релейного персоналу та програмного забезпечення для роботи з різними МПРЗА. Також це негативно впливає і на можливості моніторингу та управління цими МПРЗА, адже протоколи передачі даних, що підтримуються в самих пристроях, не мають однієї структури, а залежать від виробника терміналу. Іншим фактором, що ускладнює роботу з МПРЗА, є відсутність чіткої стратегії у виборі портів передачі інформації, якими комплектуються МПРЗА, та відсутність уваги до можливостей підтримуваних протоколів передачі даних для терміналів, що встановлюються на енергетичних об'єктах.

Виконання терміналів у плані протокольної частини в Україні має деякі специфічні риси. Якщо світові виробники, як правило, підтримують декілька протоколів, серед яких пропроетарні протоколи, протоколи стандартів IEC-60870 та IEC-61850, то вітчизняні виробники все ще залишаються на протоколах минулого покоління. Де-факто стандартом послідовної передачі даних досі залишається *Modbus RTU*. Використання цього протоколу обумовлено тим, що він є одним з найпростіших з усіх промислових протоколів у використанні та подальшій підтримці, повністю відкритий, тобто не потребує додаткових затрат на його використання, а отже, мабуть, один з найбільш розповсюджених в усьому світі. Тобто проблем з контролерами та програмним забезпеченням нижнього та верхнього рівнів немає, так само достатньо і спеціалістів по роботі з протоколом.

© Стогній Б.С., Панов А.В., Войтов Д.В., Нестриженний М.О., 2015

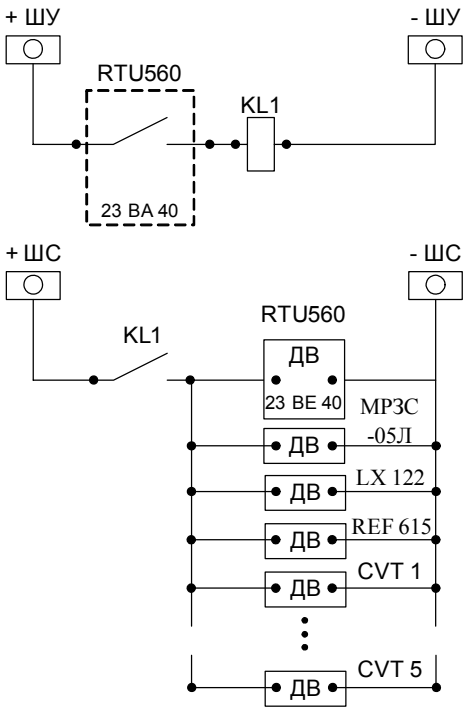

Рис. 1

Мета цієї статті – аналіз доцільності використання такого протоколу для передачі інформації в системах, що мають велику кількість МПРЗА, які передають дані, використовуючи *Modbus RTU*, та надання відповідних рекомендацій. Проблема передачі даних з'являється у зв'язку з тим, що *Modbus RTU* є послідовним протоколом, тобто працює за технологією майстер-слейв, і верхній рівень (майстер) не може одночасно працювати з кількома пристроями нижнього рівня (слейви), опитування яких проводиться почергово. Це в свою чергу викликає проблему передачі даних, особливо у випадку їхньої частої зміни, як це буває, наприклад, з сигналами роботи комутаційних апаратів. У результаті виникає питання, яку кількість даних встигне отримати майстер при достатньо великій кількості слейвів.

Для вирішення питання доцільності використання протоколу *Modbus RTU* було проведено низку експериментів з подальшим аналізом отриманих даних. Для цього використовувалась схема, представлена на рис. 1, де показано підключення пристроїв МПРЗА у ролі слейвів до *RTU* 560 у якості майстра.

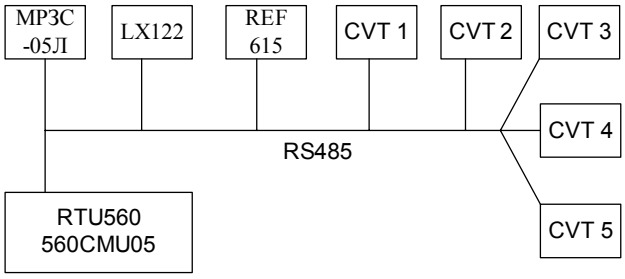

Рис. 2

Обладнання для експерименту представляє собою термінал *RTU* 560 виробництва *ABB* у якості давача сигналів (блок 23 ВА 40) та приймача отриманих даних (*RTU* 560 *CMU*05), мікропроцесорні реле МРЗС-05Л виробництва ВО "Київприлад", *LX* 122 виробництва *PREMKO, REF* 615 виробництва *ABB* та цифрові перетворювачі потужності 560 *CVT* 10 виробництва *ABB*, що використовуються у ролі навантажувальних пристроїв. Блок 23 *BE* 40 контролює надходження усіх сигналів від блока 23 *BA* 40, виключаючи можливість помилки з боку майстра. Всі пристрої зібрані за інтерфейсом *RS* 485 та використовують протокол *Modbus RTU* для передачі даних (рис. 2).

Алгоритм проведення цього експерименту є симуляцією спрацювань комутаційного обладнання за допомогою блока 23 *BA* 40 та опитування різних терміналів МПРЗА для перевірки отримання інформації про спрацювання. При цьому в експериментах варіюються кількість одночасно опитуваних слейвів та час між комутаціями. У кожному експерименті проводилося 100 комутацій при зміні навантаження інформаційної шини від 0 до 5 слейвів. Ця низка з 600 спрацювань проводилася для кожного з терміналів МПРЗА, що розглядаються. Час між комутаціями змінювався від 1 до 3 с. Отримані результати наведено в таблиці, з якої видно, що зі збільшенням кількості пристроїв на шині вже до трьох, майстер не встигне отримати навіть 50 % даних при частоті спрацювань за 1 с. Зі збільшенням часу між комутаціями кількість позитивних результатів підвищується, але навіть при трисекундному діапазоні вже при чотирьох слейвах має місце втрата даних, яка сягає приблизно 50...60 % у разі опитування шести пристроїв.

Аналізуючи отримані результати, необхідно взяти до уваги обсяг інформації, що надходить від МПРЗА за протоколом *Modbus RTU* [4]. Стандартна довжина посилання від кожного пристрою, який використовувався у експерименті, знаходилась у межах приблизно 40 байт – пакет у 20 байт, що передавав аналогові сигнали (три струми та три напруги) та пакет у 20 байт з блоком дискретних сигналів, а у випадку навантажувальних пристроїв $2 \cdot 30=60$ байт. Слід зазначити, що встановлені на енергетичних об'єктах МПРЗА можуть передавати

T, с	A	A+1	A+2	A+3	A+4	A+5	B	B+1	B+2	B+3	B+4	B+5	C	C+1	C+2	C+3	C+4	C+5
1	100	68	41	29	25	18	100	80	52	41	33	28	100	68	40	30	25	18
2	100	100	79	55	51	38	100	100	97	73	69	50	100	100	79	57	45	35
3	100	100	100	65	59	50	100	100	100	98	82	61	100	100	100	86	59	52

У таблиці позначено: А – МПРЗА МРЗС-05Л, В – МПРЗА LX122, С – МПРЗА REF615, Т – час між комутаціями.

набагато більше інформації в кожному пакеті залежно від кількості аналогових та дискретних сигналів, задіяних у цих терміналах. Крім того, існує специфіка передачі інформації від МПРЗА залежно від виробника. Так, наприклад, пристрій АЛАР "Діамант" виробництва "Хартрон Інкор" передає виміри 32-бітним *WORD*, ніж 16-бітним [3]. При цьому між регістрами струмів та напруг знаходяться ще шість регістрів іншої інформації, що встановлює довжину посилання в 41 байт порівняно з 20 байтами експериментальних пристроїв. Також довжина пакета може збільшуватися й за рахунок організації дискретних сигналів у карті пам'яті пристрою. До чинників, що підвищують вірогідність пропуску даних від МПРЗА, треба віднести також трикратне опитування кожного пристрою у випадку виходу того з ладу з очікуванням відповіді від цього пристрою та питання передачі осцилограм, що має найбільший пріоритет порівняно з усіма іншими даними. Таким чином, результати в робочому середовищі виглядатимуть ще гірше, ніж у результаті експерименту.

Аналіз проведених досліджень дає змогу стверджувати про недоцільність використання протоколу *Modbus RTU* у будь-яких системах, що потребують одночасної реєстрації подій від декількох пристроїв, дані з яких можуть часто змінюватися, та мають більш-менш високі вимоги щодо надійності отримання даних. Також можна говорити про необхідність більш прискіпливого підходу до обрання нових МПРЗА саме в частині підтримуваних протоколів передачі інформації, адже потреба в отриманні даних від терміналів з'явиться раніше чи пізніше, тому треба подбати про інформаційні можливості МПРЗА ще на стадії закупівлі.

Взагалі кажучи, перехід до нових протоколів передачі інформації повинен відбуватися на рівні усіх виробників обладнання незважаючи на особисті уподобання та прихильність до звичайних для них речей. У світовій практиці цей процес йде досить мляво доти, поки можливостей протоколу вистачає для його ефективного використання. Але тоді, коли спеціалісти бачать, що таких інструментів їм не вистачає для вирішення тих чи інших завдань, з'являються принципово нові ідеї. Таким моментом можна назвати впровадження низки стандартів *IEC* 60870-5, у тому числі протоколів *IEC* 60870-5-101, *IEC* 60870-5-102, *IEC* 60870-5-103, які представляють собою намагання відійти від великої кількості протоколів у бік універсальності. Наступним кроком у цьому напрямку є стандарт *IEC* 61850, якого, на думку авторів статті, і треба дотримуватися українським виробникам МПРЗА, якщо вони хочуть бути конкурентоспроможними на світовому ринку.

Розглядаючи можливості протоколів, треба враховувати специфіку використання пристроїв з цим протоколом. Слід наголосити, що *Modbus RTU* було впроваджено для промислової автоматизації, і лише згодом він почав застосовуватись у інших сферах. Тому у цій статті не йде мова про застарілість або недостатність самого протоколу *Modbus RTU*, а про недоцільність використання його в системах з частою зміною даних.

1. *Гуревич В.И.* Как нам обустроить релейную защиту? // PRO Электричество. – 2009. – № 3–4. – С. 25–28.
2. *Нудельман Г.С., Шалин А.И.* Микропроцессорные системы РЗА. Оценка эффективности и надежности // Новости электротехники. – 2008. – № 3 (51).
3. *Карта памяти* ПМ РЗА "Діамант" (ALAR). Приложение (справочное).
4. *Modicon Modbus* Protocol PI-MBUS-300 Rev. J June 1996 MODICON, Inc., Indusrtial Automation Systems

УДК 621.311
Б.С. Стогний[1], акад. НАН Украины, **А.В. Панов[2],** мл. науч. сотр., **Д.В. Войтов[3] ,** инж., **Н.О. Нестриженный[4]**
1–3 – Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина
4 – МЧП "АНИГЕР",
ул. Гарматная, 2, Киев, 03680, Украина

Анализ потерь данных в информационных системах, использующих протокол *Modbus RTU* для передачи информации

Кратко рассмотрены некоторые вопросы внедрения микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики в Украине; описаны и проанализированы результаты эксперимента по оценке потерь информации при использовании протокола Modbus RTU в информационных системах. Библ. 4, рис. 2, таблица.

Ключевые слова: информация, МПРЗА, *Modbus RTU*.

B. Stognii[1], A. Panov[2], D. Voitov[3], N. Nestryzhennyi[4]
1-3 – Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine
4 – PE "ANIGER",
Garmatna str., 2, Kyiv, 03680, Ukraine

Analysis of data loss in information systems which use Modbus RTU protocol for data transfer

Several issues of IEDs implementation in Ukraine are briefly described. Description and analysis of assessment of data loss in information systems which use Modbus RTU protocol experiment are provided. References 4, figures 2, table.

Key words: data, IED, *Modbus RTU*.

Надійшла 15.06.2015
Received 15.06.2015

УДК 621.316.1

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ *MICROGRID* С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В.А. Попов[1], канд. техн. наук, **П.А. Замковой** [2], асп., **И.А. Дмитренко**[3], маг., **Luciane Neves Canha**[4], канд. техн. наук
1–3 – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
пр. Перемоги, 37, Київ, 03056 Україна
4 – Федеральний університет Санта-Марія, Бразилія
E-mail: tig@ukr.net, zamkovoy@list.ru

Предложен двухэтапный метод, позволяющий формализовать процедуру выбора оптимальной структуры и параметров микросети, работающей на выделенную группу потребителей. На первом этапе осуществляются генерация альтернативных вариантов построения микросети и выбор из них ограниченного числа наиболее предпочтительных с точки зрения ряда критериев различного характера. На втором этапе определение оптимального решения производится на основе технико-экономического сравнения выделенных вариантов при учете неопределенности исходной информации на основе использования в расчетах обобщенной интервальной арифметики Хансена. Библ. 6, рис. 2.

Ключевые слова: распределенная генерация, микросеть, неопределенность информации, многокритериальное принятие решений.

Распределенная генерация, в частности, в форме микросетей (*microgrids*), ориентированных на комплексное использование генерирующих и аккумулирующих источников, которые базируются на различных альтернативных и традиционных технологиях, сегодня уже является неотъемлемой частью современной энергетики развитых стран. В условиях Украины на первом этапе развития подобные структуры скорее всего будут работать изолированно от энергосистемы либо параллельно с ней, но с “нулевыми перетоками”, т.е. не выдавая энергию в сеть, а только используя ее для поддержания частоты, уровней напряжения, обеспечения надежности электроснабжения. Очевидно, что эффективность работы такой микросети будет в значительной мере определяться составом и параметрами входящего в ее состав генерирующего оборудования. Подобные микросети часто проектируются для энергообеспечения территориально обособленных небольших промышленных или коммунально-бытовых объек-

© Попов В.А., Замковой П.А., Дмитренко И.А., Luciane Neves Canha, 2015