

**В.В. Гніліцький, к.т.н., доц.  
Г.В. Самчик, аспір.**

*Житомирський державний технологічний університет*

## ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

*В статті проаналізовано можливість створення універсального комплексу для об'єктів електроенергетики, який об'єднав би системи оперативного керування з реєстраторами аварійних подій. Для цього було розглянуто роботу блока телесигналізації та блока телевимірювання поточних значень в різних режимах роботи та надані рекомендації з вдосконалення відповідних блоків.*

**Постановка проблеми.** Наше життя стає все більш залежним від електроенергії, тому існує зростаюча потреба в забезпеченні безперебійного електропостачання споживачів електроенергією відповідної якості за мінімальну вартість. Ця потреба може задовольнятися тільки при високій організації процесу управління роботою всіх елементів енергосистеми. Для здійснення централізованого управління енергетикою існує спеціальна служба диспетчерського управління. Для роботи диспетчер повинен мати:

- 1) дані про стан обладнання на об'єктах, що контролюються;
- 2) повну інформацію про режими роботи об'єктів, що виробляють енергію;
- 3) необхідні дані про режим роботи певних ділянок мережі;
- 4) можливість безпосередньо втручатися в технологічний процес вироблення та розподілу енергії.

Таким чином, для нормального функціонування енергосистеми між пунктом управління (ПУ) диспетчера та пунктами, що контролюються (КП), повинна передаватися певна інформація. На теперішній час для інформаційного обміну застосовуються інформаційно-управляючі телемеханічні комплекси (ІУТК).

Розвиток ІУТК призвів до їх поділу на три основні групи:

- 1) автоматизовані системи диспетчерського управління (АСДУ) (наприклад Traces 130, SCADA-Ex, SMART-RTU, МТК-20, КОМПАС, ТЕЛУР, Спрут);
- 2) автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) (наприклад DATAGYR<sup>R</sup> C2000, MEGADATA<sup>R</sup>, MI 300 Measuring Transducers of Electrical Power Valus);
- 3) реєстратори аварійної інформації (РАІ) (наприклад ПТК "Черный ящик", АУРА, ІУК "Регіна").

Функціональний поділ ІУТК призвів до їх „фізичного” відокремлення. В результаті на одному об'єкті контролю найчастіше використовуються три різні комплекси, як правило, виконані різними виробниками, які потребують специфічного обслуговування.

Метою роботи є аналіз можливості створення ІУТК, котрий би поєднував функції АСДУ і РАІ. Розглянемо особливості кожної з систем.

**Аналіз досліджень і публікацій.** АСДУ є складною багаторівневою технічною системою, основою якої є оперативний ІУТК. Особливістю останнього є його робота в темпі процесу, який він контролює, при цьому вся інформація, що поступає від энергооб'єктів, негайно оброблюється і аналізується. Основні функції оперативного ІУТК такі:

- 1) телесигналізація, яка забезпечує передачу з КП на ПУ інформації про стан обладнання, що знаходиться на КП; за допомогою телесигналів контролюються положення вимикачів потужності, роз'єднувачів, стан автоматичних пристроїв, контроль об'єктів тощо;
- 2) телевимірювання, що забезпечує передачу диспетчеру значень параметрів виробничих процесів, що контролюються (наприклад струм, напруга, потужність, частота); це можуть бути або поточні значення, або інтегральні значення за заданий інтервал часу;
- 3) телереуправління, що забезпечують передачу управляючої інформації з боку ПУ до виконуючих пристроїв КП (вимикачів потужності, роз'єднувачів, контакторів) для зміни положення оперативного обладнання.

РАІ устанавлюються в основних вузлах мережі й призначені для фіксації аналогових (струмів, напруги) та дискретних сигналів при пошкодженні. Як правило інформаційні масиви, які накопичують реєстратори впродовж короткого часу виникнення нештатних ситуацій, залишаються в місці їх збору і не можуть бути використані в оперативній роботі диспетчера. Тобто дані реєстраторів повністю виключені з оперативного контуру і використовуються вже після аварії для аналізу причин виникнення і вироблення заходів для подальшого запобігання нештатних ситуацій.

**Формування цілей статті.** Метою роботи є аналіз можливості створення ІУТК, котрий поєднав би функції АСДУ і РАІ. Це дозволить:

- 1) збільшити інформативність оперативного контуру;

2) відвести тільки один канал для передачі оперативної інформації та інформації, що реєструється;  
 3) істотно зменшити сумарну вартість систем оперативного контуру в зв'язку з переходом на прямі вимірювання і виключення індивідуальних для кожного параметру, який вимірюється, проміжних перетворювачів.

Для того, щоб оцінити можливість такої інтеграції систем, потрібно проаналізувати роботу КП в нормальному та аварійному режимах.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** На об'єктах електроенергетики зміна стану об'єктів контролю в стаціонарному режимі супроводжується появою телесигналу (ТС). Кожний ТС призводить до появи заявки на обслуговування каналу ТС. Всі заявки формують потік заявок каналу ТС.

Оцінимо навантаження на обробний центр (ОЦ) КП обслуговуванням потоку заявок по каналу ТС:

$$\eta = \frac{F_{ТС}}{F_{max}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

де  $F_{max}$  – максимально допустима частота вводу заявок ТС в ОЦ;  $F_{ТС}$  – отримана частота вводу заявок ТС в ОЦ.

Визначимо величину  $\eta$  для різних методів передачі інформації в нормальному режимі та під час аварії.

Існують такі методи передачі інформації про стан датчиків ТС:

- інформація передається циклічно від усіх датчиків ТС;
- інформація передається тільки при зміні стану об'єктів ТС (спорадичне введення інформації).

Розглянемо циклічний метод передачі інформації.

При циклічній передачі ТС в кожному циклі передаються дані про стан всіх датчиків ТС. Розповсюдження циклічного методу пояснюється високим показником достовірності та простотою реалізації (достатньо мати симплексний канал зв'язку). Недоліком циклічного вводу інформації є велика надмірність повідомлень, що призводить до збільшення інтенсивності потоку заявок по каналу зв'язку від модуля вводу ТС до ОЦ КП. Кожна заявка направляє в канал зв'язку КП-ПУ, що призводить до збільшення навантаження на канал КП-ПУ та зниження ефективності використання обробного центру ПУ.

При циклічному методі передачі ТС в нормальному режимі роботи значна частина введених даних не відрізняється від тих, що були раніше введені в ПУ, оскільки цілком можливо, що в інтервалі часу між суміжними введеннями інформації не відбулася зміна стану об'єктів, що контролюються. Кожна заявка каналу ТС носить "бітовий" характер, оскільки стан двопозиційного об'єкта відображається одним двійковим розрядом. При вводі інформації в ОЦ відбувається групування ТС. Ступінь ущільнення інформації визначається розрядністю ( $m_0$ ) вхідних каналів ОЦ. З урахуванням групування ТС визначимо частоту вводу заявок ТС в ОЦ КП:

$$F_{ТС} = \frac{n}{m_0 \cdot T_{опит}} , \quad (2)$$

де  $n$  – кількість об'єктів контролю на КП;  $T_{опит}$  – час опитування.

Підставивши (2) в формулу (1), отримаємо:

$$\eta_{ТС}^{цикл} = \frac{n}{m_0 \cdot T_{опит} \cdot F_{max}} \cdot 100\% . \quad (3)$$

Для розрахунку будемо виходити зі значень параметрів для ІУК "Граніт", яким оснащені майже всі енергосистеми Росії, Казахстану, Молдови, Киргизії:

$n = 200$ ;  $m_0 = 8$ ;  $T_{опит} = 1$ с;  $F_{max} = 2000$  байт/с [1].

У відповідності до наведених значень маємо:

$$\eta_{ТС}^{цикл} = \frac{200}{8 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^3} \cdot 100\% = 1,25\% . \quad (4)$$

Таким чином, навантаження на ОЦ обслуговуванням заявок від каналу ТС складає 1,25 %. Тому ОЦ КП цілком може справитись з обробкою циклічного потоку заявок ТС в нормальних умовах.

Для аналізу можливості реалізації КП для роботи в нормальному і аварійному режимах знайдемо навантаження ОЦ КП обробкою циклічного потоку заявок по каналу ТС під час аварії. При аварії відбуваються зміни стану багатьох об'єктів, через це різко зростає інтенсивність потоку заявок по каналу ТС. Частота вводу аварійних сигналів ТС:

$$F_{ТС}^{ав} = \frac{n \cdot T_{опит}}{m_0 \cdot T_p} , \quad (5)$$

де  $T_p$  – період опитування датчиків ТС.

Підставивши в (1) вираз (5), отримаємо:

$$\eta_{ТС}^{цикл\ ae} = \frac{n}{T_p \cdot m_0 \cdot F_{max}} \cdot 100\% . \quad (6)$$

На теперішній час в більшості існуючих РАІ роздільна здатність реєстрації по часу дорівнює 10мс [2]. Тоді:

$$\eta_{ТС}^{цикл\ ae} = \frac{200 \cdot}{10^{-2} \cdot 8 \cdot 2 \cdot 10^3} \cdot 100\% = 125\% . \quad (7)$$

Навантаження ОЦ обробкою аварійної інформації при циклічному методі вводу становить вище 100 % і тому обчислювальних ресурсів ОЦ КП не вистачить не тільки на обробку інших видів інформації, але й на обслуговування потоку ТС.

Обчислимо, як зміниться навантаження на ОЦ при спорадичному методі передачі. При спорадичному методі порівнюються поточні значення з попередніми і якщо розходження в порівняльних кодах відсутні, то заявка на обслуговування по каналу ТС не формується (датчики розділяються на групи, якщо в групі нема змін, то заявка не формується). Спорадичний метод передачі знижує надмірність повідомлень. Але тут потрібно прийняти міри для запобігання пропусків зміни ТС через непрацездатність вузлів, що фіксують розходження значень. Тому спорадичне введення ТС повинно обов'язково доповнюватись контрольними введеннями ТС по виклику від ПУ. При контрольних введеннях опитують всі канали ТС. Достатньою частотою контрольних введів ТС може вважатися [1]:

$$F_k = 0,1 \cdot F_{ТС}^{цикл} . \quad (8)$$

Для розрахунку припускають, що за час опитування вводиться один байт даних [1].

Таким чином, частота спорадичного вводу заявок ТС з урахуванням контрольних введів:

$$F_{ТС}^{сп} = \frac{1}{T_{опит}} + 0,1 \cdot F_{ТС}^{цикл} . \quad (9)$$

Отримаємо розрахункову формулу для визначення навантаження ОЦ обробкою заявок ТС при спорадичному методі вводу:

$$\eta_{ТС}^{сп} = \frac{\left( \frac{1}{T_{опит}} + 0,1 \cdot F_{ТС}^{цикл} \right)}{F_{max}} . \quad (10)$$

Тоді:

$$\frac{\eta_{ТС}^{сп}}{\eta_{ТС}^{цикл}} = \frac{\left( \frac{1}{T_{опит}} + 0,1 \cdot F_{ТС}^{цикл} \right)}{\frac{n}{T_{опит} \cdot m_0 \cdot F_{max}}} = \frac{1}{T_{опит}} + 0,1 \cdot F_{ТС}^{цикл} \cdot \frac{T_{опит} \cdot m_0}{n} . \quad (11)$$

Після підстановки значень отримаємо:

$$\frac{\eta_{ТС}^{сп}}{\eta_{ТС}^{цикл}} = \frac{1 + 0,1 \cdot \frac{200}{8}}{\frac{200}{1 \cdot 8}} = 0,14 . \quad (12)$$

Таким чином, спорадичний метод вводу ТС забезпечує істотне зменшення навантаження ОЦ. Однак, якщо враховувати роботу в аварійних умовах, то переходу на спорадичний метод не достатньо для зниження інтенсивності потоку.

Запропонований спосіб вдосконалення блоку ТС полягає в наступному: інформація фіксується в модулі вводу ТС і може бути пред'явлена ПУ після завершення аварії, поза реального часу. Тут необхідно впровадити заходи з прив'язки інформації до астрономічного часу. Існує два способи:

1) введення в ТС даних про поточний час (наприклад електронний годинник може бути джерелом астрономічного часу), але тут з'являється необхідність проведення сеансів зв'язку для корекції даних про поточний час між модулями ТС і контролю астрономічного часу;

2) фіксація в модулі ТС часових зсувів між моментом реєстрації першої події та початком передачі на ПУ інформації від модуля ТС.

Простіше забезпечити прив'язку до астрономічного часу за другим способом, оскільки виключається необхідність проведення сеансів зв'язку між модулем ТС та контролю астрономічного часу. Функції

контролю астрономічного часу як правило передаються обробному центру ПУ, число циклів звернення до якого слід економити.

Крім того, модулю вводу ТС треба фіксувати число змін, і при виявленні другої та наступних змін включається пристрій підрахування часового зсуву між першою подією та наступною. За часовими зсувами можна буде відновити всю картину аварійних подій.

Таким чином, задача пристрою КП полягає в тому, щоб зареєструвати аварійний процес для його наступного (після завершення аварії) аналізу.

Оцінимо навантаження на ОЦ обслуговуванням аварійних заявок по каналу ТС. Розглянемо для надійної реєстрації найгірші умови, коли за час аварії число подій дорівнює числу об'єктів контролю. При цьому для кожної події в пам'ять повинні заноситись:

- код адресу об'єкта контролю (потрібна кількість розрядів коду дорівнює  $\log_2 n$ );
- код значень часових зсувів між подіями, що реєструються (потрібна кількість розрядів коду

дорівнює  $\log_2 \frac{t_{ав}}{t_{дискр}}$ , де  $t_{ав}$  – час спрацьовування систем релейного захисту, які обмежують тривалість

аварії,  $t_{дискр}$  – встановлений час дискретизації суміжних аварійних подій);

- зафіксований стан об'єкта контролю (один двійковий розряд).

Тоді загальна кількість інформаційних повідомлень, які повинні бути введені в ОЦ, знаходиться за формулою:

$$N_{авТС} = E \frac{\log_2 n + \log_2 \frac{t_{ав}}{t_{дискр}} + 1}{m_0} \cdot n + 2, \quad (13)$$

де  $E$  – знак округлення до найближчого більшого цілого числа. Друга складова – це двобайтна посилка, за допомогою якої визначається часовий зсув між початком вводу інформації в ОЦ та моментом фіксації першої аварійної події. За даними цієї посилки ми маємо змогу відновлювати час всіх подій з дискретністю рівній  $t_{дискр}$ .

При  $t_{ав} = 5$  с,  $t_{дискр} = 10$  мс отримаємо:

$$N_{авТС} = E \frac{\log_2 200 + \log_2 \frac{5}{10^{-3}}}{8} \cdot 200 + 2 = 602. \quad (14)$$

Зазначені в (13) два байта посилки ( $2^{15}$ ) дають змогу розширити межі часового зсуву від моменту початку аварії до моменту вводу аварійної інформації в ОЦ до величини:

$$T_{в\max} = 2^{15} \cdot t_{дискр} = 2^{15} \cdot 10^{-2} = 300 \text{ с}. \quad (15)$$

Це цілком достатньо для вибору відрізка часу, коли ОЦ може сприйняти аварійну інформацію в паузах між вводами інших видів інформації.

Частота вводу в ОЦ аварійної інформації визначається:

$$F_{ТС}^{ав} = \frac{N_{авТС}}{T_е}, \quad (16)$$

де  $T_е$  – час, за який інформаційна посилка вводиться в ОЦ.

Знайдемо навантаження ОЦ обслуговуванням аварійних заявок ТС. При  $T_е = 10$  с [2] отримаємо:

$$\eta_{ТС}^{ав} = \frac{N_{авТС}}{T_е \cdot F_{max}} \cdot 100\% = \frac{602}{10 \cdot 2 \cdot 10^3} \cdot 100\% \approx 3\%. \quad (17)$$

Як видно, навіть при досить жорстких вихідних даних, отримане значення  $\eta_{ТС}^{ав}$  цілком прийнятно, до того ж зміною значення  $T_е$  воно може адаптуватися у відповідності до сумарних навантажень на ОЦ.

Така реєстрація дискретних сигналів допомагає аналізувати хід аварії та дозволяє проводити діагностування роботи пристроїв релейного захисту та автоматики.

На об'єктах електроенергетики канали телевимірювання поточних значень використовуються для контролю значень струмів та напруги. Практично в усіх інформаційних системах канал телевимірювання поточних значень одержує інформацію не від первинних датчиків параметрів, що вимірюються, а від проміжних перетворювачів, з котрих замість сигналів змінного струму поступають пропорційні їм сигнали постійного струму. Перетворення сигналів змінного струму в постійний проводиться з використанням інтегруючих контурів, які пропускають лише складові сигналів низької частоти.

Найбільш вірне і повне уявлення про реальний фізичний процес енергооб'єктів дають прямі методи вимірювання. Тому РАІ роблять безпосередньо з датчиками сигналів, що вимірюються. Сигнали, пропорційні миттєвим значенням струмів та напруги, перетворюються в коди швидкодіючим АЦП та використовуються для наступного аналізу та відображення у вигляді осцилограм.

Для створення модифікованого пристрою КП, який поєднує функції оперативного керування та реєстрації аварійної інформації, потрібно перейти на прямі методи виміру. Необхідно створити універсальний блок цифрової обробки сигналів, котрий в нормальному режимі забезпечував би вимірювання поточних значень параметрів, а при виявленні аварії здійснював би запис сигналів.

Для забезпечення аналізу аварійної ситуації потрібно реєструвати інформацію як в продовж самого аварійного процесу, так і протягом як мінімум 0,5 с до аварії [1]. В зв'язку з випадковістю моментів виникнення аварії необхідно організувати буфер доаварійних значень поза обробного центра ПУ. Важливо підкреслити необхідність не тільки фіксації передаварійної інформації по всім каналам, що контролюються, але й часових зсувів між моментами початку аварії по кожному каналу.

Для того, щоб оцінити потрібний для надійної реєстрації об'єм пам'яті, необхідно розглядати не ймовірнісні, а найгірші умови, коли по всім вхідним каналам поступає аварійна інформація. Для покращення характеристик пристрою потрібно фіксувати інформацію по всім каналам, а не тільки по тим, що передають аварійну інформацію. Це дозволить найбільш повно оцінити загальну ситуацію під час аварії, аналізуючи дані каналів, що не задіяні в аварії.

**Висновки.** Таким чином, щоб мати можливість використати канал телесигналізації для фіксації аварійних процесів, потрібно:

- 1) фіксувати в модулі ТС часові зсуви між моментом реєстрації першої події а початком передачі на ПУ інформації від модуля ТС;
- 2) фіксувати число змін, і при виявленні другої та наступних змін визначати часовий зсув між першою подією та наступною.

Тобто інформації фіксується в модулі вводу ТС і може бути пред'явлена ПУ після завершення аварії, поза реального часу.

Щоб мати можливість використати канал модуля телевимірювання поточних значень для фіксації аварійних процесів, потрібно:

- 1) перейти на прямі вимірювання аналогових сигналів, що контролюються;
- 2) ввести в його склад автономне ОЗП для зберігання поточних, передаварійних та аварійних значень параметрів.

Така модифікація модуля телевимірювання поточних значень дасть змогу створювати бази даних, за допомогою яких вирішуються такі важливі задачі:

- визначення місця пошкодження;
- аналіз ходу аварії;
- визначення причини виникнення аварії;
- перевірка правильності спрацювання релейного захисту та автоматики;
- діагностика пристроїв релейного захисту та автоматики;
- прогнозування аварійних подій.

Оскільки є змога зчитувати інформацію з ОЗП у будь-який час і в будь-якому порядку, то навантаження на ОЦ даними від модуля телевимірювання поточних значень можна регулювати у відповідності до сумарних навантажень на ОЦ КП.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Сборник систем цифровой записи аварийных сигналов в энергетике. – М.: Техэнерго. – 1995. – С. 151.
2. *Портнов Е.М.* Выбор методов ввода и обработки информации для построения многофункциональных телемеханических комплексов на основе вероятностного анализа потоков // Микроэлектроника и информатика – 96: Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тез. докл. – М.: МИЭТ. – 1996. – С. 248.

ГНІЛЦЬКИЙ Віталій Васильович – кандидат технічних наук, доцент Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- цифрова обробка сигналів;
- інформаційні системи.

САМЧИК Ганна Вікторівна – аспірантка Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- сучасні інформаційно-керуючі комплекси для АСУ ТП;
- методи вимірювання параметрів електроенергії.

Подано 08.10.2004.

**Гнілицький В.В., Самчик А.С.** Інформаційно-вимірювальні системи в електроенергетиці  
**Гнилицкий В.В., Самчик А.В.** Информационно-измерительные системы в электроэнергетике  
**Gnilitskyy V.V., Samchyk A.V.** Information and measuring systems in electric power industry

УДК 621.311.1:621.398

**Інформаційно-вимірювальні системи в електроенергетиці // В.В. Гнілицький, А.С. Самчик**

В статті проаналізовано можливість створення універсального комплексу для об'єктів електроенергетики, який об'єднав би системи оперативного керування з регістраторами аварійних подій. Для цього було розглянуто роботу блока телесигналізації та блока телевимірювання поточних значень в різних режимах роботи та надані рекомендації з вдосконалення відповідних блоків.

УДК 621.311.1:621.398

**Информационно-измерительные системы в электроэнергетике // В.В. Гнилицкий, А.В.Самчик.**

В статье проанализирована возможность создания универсального комплекса для объектов электроэнергетики, который объединил бы систему оперативного управления с регистраторами аварийных событий. Для этого была рассмотрена работа блока телесигнализации и блока телеизмерения текущих значений при различных режимах работы, а также даны рекомендации по усовершенствованию соответствующих блоков. Кроме того, приведены несколько методов для определения мест повреждения линии электропередач.

УДК 621.311.1:621.398

**Information and measuring systems in electric power industry // V.V. Gnilitskyy, A.V.Samchyk.**

The possible of creation universal complex for object of electric power industry, which include the system for operative control and transmission line fault recorders, is analysed in this article. Work of blocks of teleindication and telemetering a current value are considered in deferent moodes of work and recommendations for improvement corresponding blocks are given. Beside same methods for transmission line fault location detection is presented.