

СТВОРЕННЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМІВ

Б.С. Стогній, акад. НАН України, **М.Ф. Сопель**, канд. техн. наук, **Г.М. Варський**, канд. техн. наук, **Ю.В. Пилипенко**, канд. техн. наук
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Підведено підсумки робіт, які проводились у відділі автоматизації електричних систем Інституту електродинаміки НАН України, описано практичну реалізацію проекту регіональної системи моніторингу перехідних режимів роботи електроенергосистем. Бібл. 4, рис. 7.

Ключові слова: регіональна система моніторингу, синхронізовані векторні вимірювання, корекція похибок вимірювання.

У 2013 році у відділі автоматизації електричних систем розпочались роботи з розробки принципів побудови глобальної системи моніторингу об'єднаної енергосистеми України. На основі проведених досліджень визначені вимоги та розроблені структури вимірювальних каналів струму і напруги, засобів вимірювання взаємних кутів і частоти для глобальних систем моніторингу, які передбачають корекцію похибок вимірювальних каналів включно з первинними давачами струму і напруги, що забезпечить підвищення ефективності роботи такої системи (тема «СИНХРОН-2»).

У рамках першого етапу другого розділу теми «Моделі, методи та засоби підвищення рівня керованості та надійності функціонування електроенергетичних об'єктів та систем України у відповідності з вимогами ENTSO-E» (МОНІТОР-2) розроблено структуру системи моніторингу елегазових вимикачів надвисокої напруги, яка забезпечує контроль тиску елегазової суміші, температури в середині та зовні баку, струмів соленоїдів включення та відключення, струмів та часу заведення пружини та ходу контактної групи. Вибрано елементну базу та розроблено інтерфейсні засоби, які повною мірою забезпечують роботу підсистем моніторингу. Розроблювана система моніторингу параметрів елегазових вимикачів надвисокої напруги дасть змогу проводити достовірний моніторинг зазначених параметрів за рахунок динамічного надходження вимірюваних значень через існуючі інтерфейси вимикачів та стандартні протоколи отримання інформації [1].

Протягом звітнього періоду проведено визначення характерних ознак для системи гнучкої передачі електричної енергії змінним струмом (ГПЗС). На основі визначення характерних ознак системи ГПЗС та їх аналізу проведено класифікацію цих систем і створено відповідні математичні моделі. На основі одержаних результатів розвинуто методи та вдосконалено підходи до планування режимів енергосистем з системами ГПЗС. Зокрема, розроблено методiku вибору типу та місця встановлення систем ГПЗС і сформовано принципи перспективного розвитку енергосистем з системами ГПЗС. Виявлено вплив характеристик навантаження споживачів енергосистем на динамічні властивості статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності та на пропускну спроможність перетинів, що обмежена стійкістю за напругою (тема "ІНТЕЛМЕР").

Виконано також роботи за програмами «ОБ'ЄДНАННЯ-2» і «РЕСУРС». У ході їх виконання було одержано такі результати:

1. Створено методiku, яка дозволяє отримувати достовірні результати синхронізованих вимірювань кутів векторів напруги напружених регіонів за умов неповноти та невисокої точності вихідної інформації. Цьому сприяють вибір перетинів та погодження граничних значень навантаження в них для оцінки величин нерегулярних коливань активної потужності, формування масивів даних для векторних складових напруги на кінцях вибраних напружених перетинів ОЕС України та визначення погоджувальних критеріїв реєструючих при-

строїв векторних вимірювань та сучасних засобів зв'язку для отримання достовірних результатів синхронізованих вимірів кутів векторів напруги.

2. Проаналізовано способи визначення параметрів математичних моделей вимірювальних каналів струму на підстанціях, зокрема, способи вимірювання метрологічних характеристик трансформаторів струму, їх характеристик намагнічування, величини вторинного навантаження. Досліджено і оцінено зміну навантаження трансформаторів струму у складі трифазного вимірювального каналу від несиметрії вхідних сигналів [5]. На конкретному прикладі оцінено вплив цього чинника на похибки трансформаторів. Залежно від можливостей визначення параметрів вимірювального каналу на підстанції, враховуючи функціональні можливості коректувального модуля, визначено варіанти вхідної інформації для проведення коригування. Для кожного з варіантів визначено спосіб одержання та представлення вхідної інформації. На основі огляду і оцінювання різних способів апроксимації представлено рекомендації з вибору оптимального способу апроксимації характеристики намагнічування трансформатора струму залежно від кількості вхідної інформації та характеру розв'язуваної задачі. На базі проведених досліджень розроблено методику визначення параметрів первинних вимірювальних каналів векторів струму для обчислення поправок до результатів вимірювання. Результати роботи будуть використані для розробки апаратно-програмних засобів визначення і введення поправок до результатів вимірювання струмів, що мають впроваджуватись у розроблювані системи моніторингу параметрів режимів електроенергетичних систем, насамперед на електричних підстанціях напругою 330 і 750 кВ.

3. Створено удосконалені SPS-моделі трансформаторів струму (ТС) для програмного комплексу Matlab/Simulink, які враховують ємності високовольтної ізоляції ТС різних типів. За їх допомогою досліджено режими роботи вторинних кіл як окремого трансформатора, так і групи ТС в екстремальних умовах та визначено, що для оцінювання стану вторинних кіл ТС і його високовольтної ізоляції необхідно безперервно контролювати струм вторинної обмотки і напругу на ній, а також струм у провіднику, який заземлює вторинну обмотку. Це дасть змогу своєчасно визначати аварійні режими роботи трансформатора, такі як коротке замикання, підвищене (або зменшене) навантаження, розмикання і порушення заземлення вторинної обмотки та контролювати стан високовольтної ізоляції. Моніторинг параметрів вторинних кіл ТС пропонується вперше і, крім стану самого трансформатора, контролює стан вхідних кіл систем релейного захисту та автоматики, систем моніторингу, дозволяє проводити корекцію похибок ТС, забезпечуючи тим самим надійну і ефективну роботу електроенергетичної системи в цілому, що опосередковано подовжує ресурс основного електротехнічного обладнання.

4. Розроблено архітектурні та алгоритмічні рішення і відповідні програмні засоби, які забезпечують створення нової технології автоматизованого керування енергетичними системами (ЕС) на базі векторних вимірювань напруги на електричних підстанціях ЕС, що реалізуються вітчизняними електровимірювальними реєструючими пристроями (ЕВРП) "Регіна-Ч". Ці рішення, які орієнтовані на спільне використання базових програмних комплексів об'єктового та системного рівнів з ЕВРП "Регіна-Ч", забезпечують: прийом та обробку інформації, одержуваної з об'єктового рівня; інтерполяцію контрольованих параметрів замість неодержаних протягом регламентованого часу; контроль потоків активної потужності електричними зв'язками та контроль взаємних кутів однойменних фаз напруги таких електричних зв'язків; контроль допустимості поточних режимів за запасами з активної потужності у контрольованих перетинах ЕС; контроль рівнів напруги на електричних підстанціях ЕС; контроль знаходження значень режимних параметрів у допустимих межах та організацію візуалізації значень виявлених відхилень; контроль зміни стану електричних приєднань електричних підстанцій та організацію візуалізації зміни стану електричних приєднань. Впровадження нової технології в енергосистемах ОЕС України підвищить надійність та оперативність розв'язання в реальному часі актуальних задач керування ЕС, сприятиме виведенню на міжнародний ринок конкурентоспроможної продукції.

У рамках інноваційного проекту «Розробка інтелектуальних вимірювальних перетворювачів та нормативного забезпечення комунікаційного середовища високовольтних електроенергетичних об'єктів», який виконувався спільно з відділом моделювання електроенергетичних об'єктів та систем, розвинуто науково-технічні основи створення ІВП струму та напруги високовольтних електроенергетичних об'єктів, що є інформаційно, функціонально та електромагнітно сумісними з цифровим обладнанням високовольтних ЕЕО. Виконано аналіз можливих схем реалізації ІВП, їх класифікацію та визначено схеми ІВП з оптимальними техніко-економічними показниками. Досліджено вторинне навантаження давача струму в складі ІВП та виконано математичне моделювання давача й встановлення залежності конструктивних параметрів його електромагнітної системи від виду матеріалу осердя та значення вторинного навантаження. Визначено технічні вимоги до електронної частини ІВП та розроблено технічну документацію. Згідно з розробленою документацією виготовлено, випробувано та встановлено у дослідну експлуатацію на підстанції 330 кВ «Сімферопольська» дослідний зразок ЕПМ ІВП.

Головним досягненням роботи відділу за звітний рік можна вважати закінчення робіт з практичної реалізації проекту регіональної системи моніторингу перехідних режимів Кримської електроенергетичної системи.

Однією з основних задач при роботі об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України є недопущення перерви в енергопостачанні споживачів електричної енергії при будь-яких режимах роботи. ОЕС України має складну структуру і одним з основних параметрів, який характеризує її роботу, є статична стійкість, тобто здатність ОЕС самостійно відновити вихідний режим при малих збуреннях та таких, які повільно відбуваються. На практиці оцінювання статичної стійкості енергосистем проводять, як правило, за допомогою величини запасу статичної стійкості по характерних перетинах, по яких відбуваються перетоки потужностей між енергосистемами. При змінах режиму запас статичної стійкості може наближатися до критичних значень, при яких може відбуватися порушення статичної стійкості і, як наслідок, з'являється вірогідність відключення споживачів для збереження від поділу на окремі енергосистеми ОЕС України.

Найбільш достовірно характеризує запас статичної стійкості передачі електричної енергії сумарний кут передачі, який з відомим наближенням замінюється кутом між ЕРС генератора електростанції і напруги шин прийомного вузла енергосистеми або для дальніх ліній електропередачі – зсув фаз напруг по кінцях ЛЕП [2].

Ідея прямих вимірювань цих параметрів виникла у науковців ще в ХХ столітті, але не могла бути впроваджена на практиці через відсутність доступних технологій вимірювання. Це насамперед неможливість при тому рівні розвитку техніки забезпечення високоточних вимірів кутів та синхронізації або одночасності вимірювань цих параметрів на багатьох об'єктах, які розташовані на великих територіях. Тому в більшості випадків для контролю запасу статичної стійкості використовується активна потужність на початку лінії електропередачі [2].

З розвитком мікропроцесорної техніки та появою глобальних супутникових систем, таких як GPS або ГЛОНАСС з'явилась можливість побудови реєструючих пристроїв нового покоління, вимірювання параметрів режимів, якими, по-перше, проводиться з прив'язкою з високою точністю до єдиної шкали часу, по-друге, має малу похибку вимірювання режимних параметрів.

Вперше такі пристрої з'явилися на Заході й були успішно застосовані в енергосистемах США [6]. Після суттєвого зменшення вартості приймачів сигналів точного часу від супутників GPS ОЕС України отримала свій високоточний реєстратор – ЕВРП «Регіна Ч» [4]. Перспектива об'єднання ОЕС України з енергосистемами Західної Європи на паралельну роботу прискорила впровадження цих реєстраторів для забезпечення спостережуваності величезного енергооб'єднання. Так почалося створення вітчизняної системи моніторингу перехідних режимів (СПМР), званої в світі як Wide Area Monitoring System – (глобальна) система моніторингу режимів.

На першому етапі синхронізованими вимірюваннями було охоплено невелику кількість об'єктів електроенергетики і система моніторингу перехідних режимів працювала в режимі off line з відповідним спрощеним функціоналом [4].

На наступному етапі у 2012 році було розпочато і в 2013 році закінчено створення регіональної системи моніторингу перехідних режимів, яка працює в режимі on line, для однієї найбільш вразливої в плані статичної стійкості енергосистеми. В якості такої енергосистеми була вибрана Кримська електроенергетична система (ЕС), зображена на рис. 1.

Кримська ЕС є дефіцитною енергосистемою ОЕС України з малим відсотком власної генерації (менше 5...10 % споживання) і значним дефіцитом реактивної потужності у вузлах навантаження. Живлення її здійснюється за трьома ПЛ 330 кВ Мелітополь-Джанкой, Новокаховська-Джанкой, Новокаховська-Острівська і транзиту 220 кВ Новокаховська-Титан-Красноперекіпськ, які утворюють перетин ОЕС України-Кримська ЕС.

Для підвищення пропускної спроможності ПЛ 330 кВ Мелітополь-Джанкой-Сімферополь на ПС Джанкой встановлено пристрій поздовжньої компенсації лінії.

Границі стійкості по перетину ОЕС України – Кримська ЕС визначаються рівнями напруги у вузлах навантаження: ПС 330 кВ Севастополь, ПС 220 кВ Феодосія, ПС 110 кВ Ялта, ПС 110 кВ Центральна та ін.

Таким чином, особливості режимів роботи Кримської ЕС і перспективи введення розподілених по енергосистемі об'єктів генерації на відновлюваних джерелах енергії (вітрових, сонячних електростанцій) призвели до вибору Кримської ЕС в якості першої енергосистеми для прискореного впровадження автоматизованої системи моніторингу WAMS.

WAMS Кримської ЕС базується на використанні поточних значень синхронізованих режимних параметрів електричної мережі: векторів фазних значень струмів і струму нульової послідовності (3І₀) контрольованих приєднань, векторів фазних значень напруг систем шин 330, 220, 110 кВ або лінійних ТН контрольованих ліній, потужностей, взаємних кутів напруг і частоти контрольованих вузлів об'єднаної енергосистеми і виконує оцінку запасів статичної стійкості в контрольованому перерізі в режимі реального часу.

Система складається з встановлених на віддалених об'єктах периферійних пристроїв моніторингу (ППМ), основою яких є модернізований для роботи в режимі on line ЕВРП «Регіна Ч» [3] з поліпшеними характеристиками та центрального пристрою моніторингу, розташованого на ЦДП Кримської ЕС.

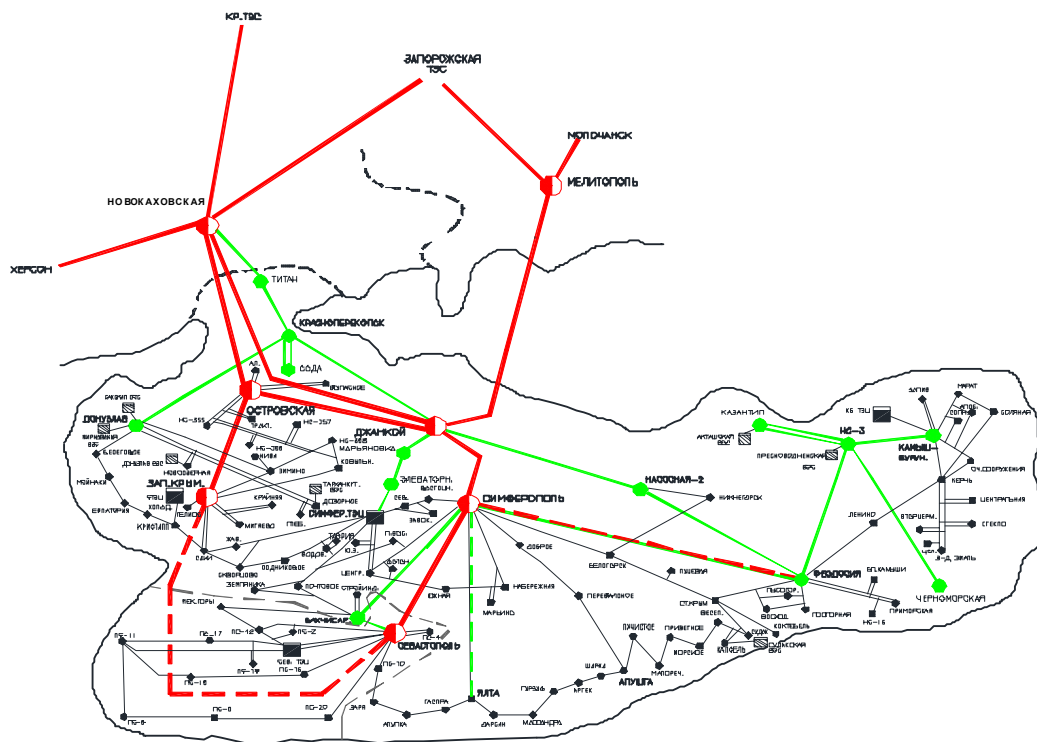


Рис. 1

Основні технічні характеристики периферійного пристрою моніторингу:

інтервал усереднення даних від одного до 50 періодів промислової частоти з кроком в один період
основні приведені похибки вимірюваних струмів, напруг $\pm 0,2 \%$
основні приведені похибки вимірюваних потужностей $\pm 0,5 \%$ в діапазоні струмів $0,01 \dots 1,2 I_{\text{НОМ}}$ ($I_{\text{НОМ}} = 1 \text{ А}$ або $I_{\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$) і напруг $0,01 \dots 1,2 U_{\text{НОМ}}$ ($U_{\text{НОМ}} = 100 \text{ В}$)
абсолютна похибка синхронізації вимірювань від сигналів точного часу $\pm 5 \text{ мкс}$
абсолютна похибка вимірювання частоти $\pm 0,001 \text{ Гц}$
абсолютна похибка вимірювання кутів вектора напруг $\pm 0,1 \text{ град.}$
тривалість циклічних файлів поточних значень синхронізованих вимірювань параметрів 240 год (замовник може задавати будь-яку тривалість)
автоматична передача даних за протоколами IEEE C37.118-2005, IEC 60870-5-104
реєстрація аварійних ситуацій здійснюється при виникненні таких умов: <ul style="list-style-type: none"> - при перевищенні заданої швидкості зміни частоти (уставка може регулюватися в діапазоні від 0,001 до 2 Гц/с з дискретністю 0,001 Гц/с; - при виході діючого значення напруги за задані уставки 	
файли значень синхронізованих вимірювань параметрів аварійних ситуацій містять інформацію протягом 100 с до виникнення аварійної ситуації та до 1000 с після виникнення аварійної ситуації	
збереження 100 файлів значень синхронізованих вимірювань параметрів аварійних ситуацій	
файли поточних значень синхронізованих вимірювань параметрів і файли значень синхронізованих вимірювань параметрів аварійних ситуацій мають мітки точного часу від системи GPS.	

Схема розміщення обладнання WAMS Кримської ЕС зображена на рис. 2.

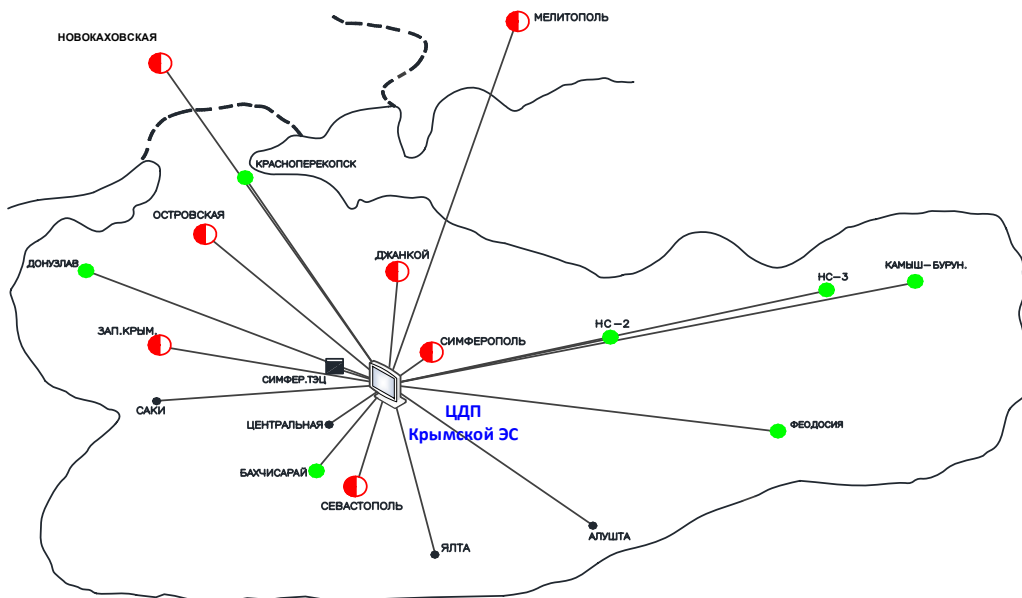


Рис. 2

Таким чином, до системи моніторингу входить наступне обладнання:

- периферійні пристрої моніторингу синхронізованих поточних значень режимних параметрів на контрольованих об'єктах Дніпровської ЕС (ПС 330 кВ Мелітополь), Південної ЕС (ПС 330 кВ Новокаховська) і Кримської ЕС (ПС 330 кВ Островська, Джанкой, ПС 220 кВ Красноперекопськ);

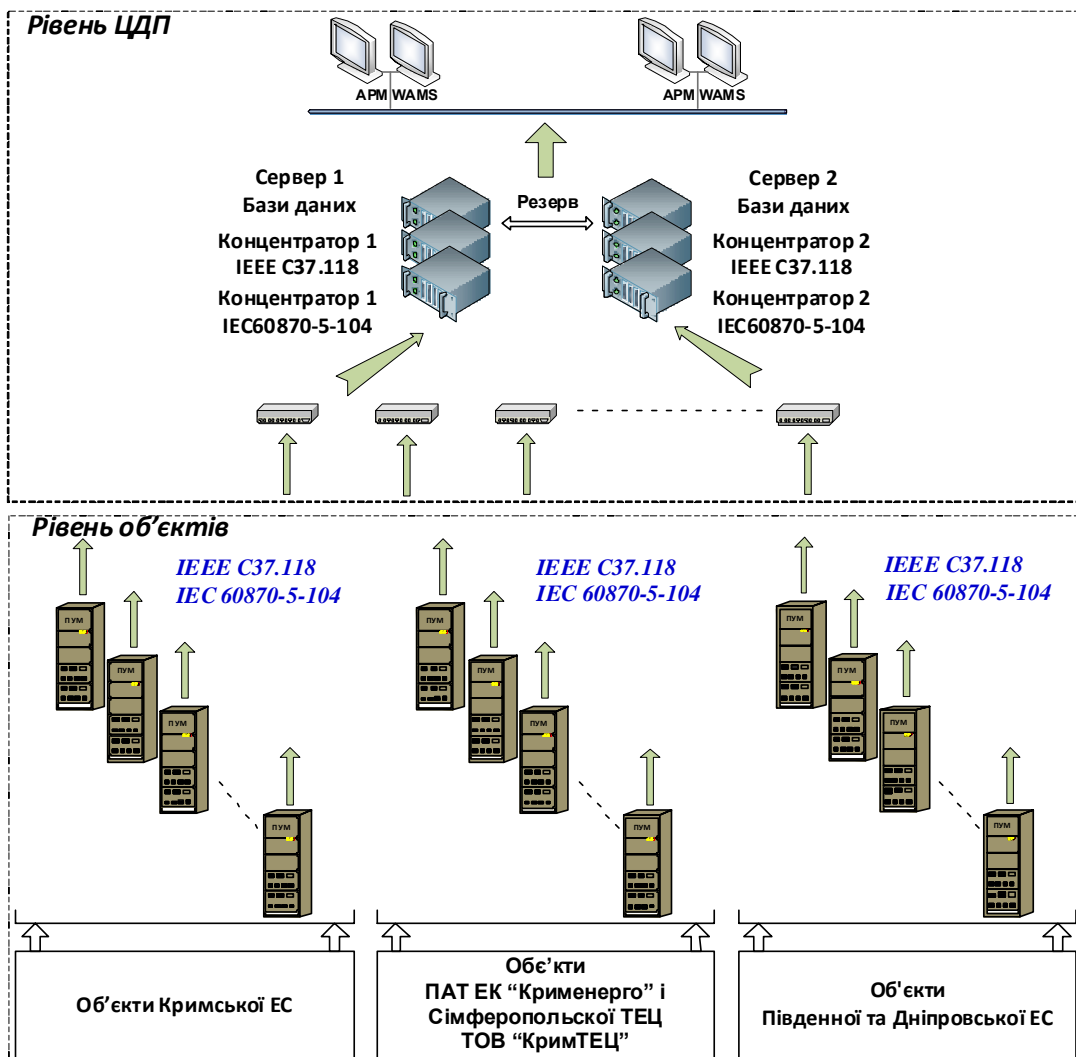


Рис. 3

- ПУМ синхронізованих значень режимних параметрів, режимів роботи контролюваних приєднань і стану устаткування регулювання напруги на ПС 330 кВ Сімферополь, Західнокримська, Севастополь, на ПС 220 кВ Донузлав, Камиш-Бурун, НС-2, НС-3, Бахчисарай, Феодосія, на ПС 110 кВ Ялта, Алушта, Саки, на Сімферопольській ТЕЦ;
- центральний пристрій моніторингу (програмно-технологічний комплекс) на ЦДП Кримської ЕС.

В якості каналів передачі даних була використана існуюча каналотворююча апаратура передачі інформації від ППМ на ЦДП Кримської ЕС.

Структура системи моніторингу показана на рис. 3.

Для виконання технічного завдання були реалізовані наступні функції периферійного пристрою моніторингу:

- автоматичне вимірювання і реєстрація синхронізованих значень контрольованих параметрів з циклічністю 20 мс;
- автоматична реєстрація дискретної інформації про стан ППМ (робота, ремонт, несправність) і пристроїв регулювання напруги об'єкта, а також інформації про стан (увімкнено-вимкнено) приєднань цього віддаленого об'єкта;
- автоматична видача результатів поточних значень синхронізованих вимірювань векторів струму і напруги в каналотворюючу апаратуру (в режимі on line для задач визначення запасів статичної стійкості перетину ОЕС України – Кримська ЕС);
- достовіризація результатів вимірювань;

ПС 330кВ "Симферополь"

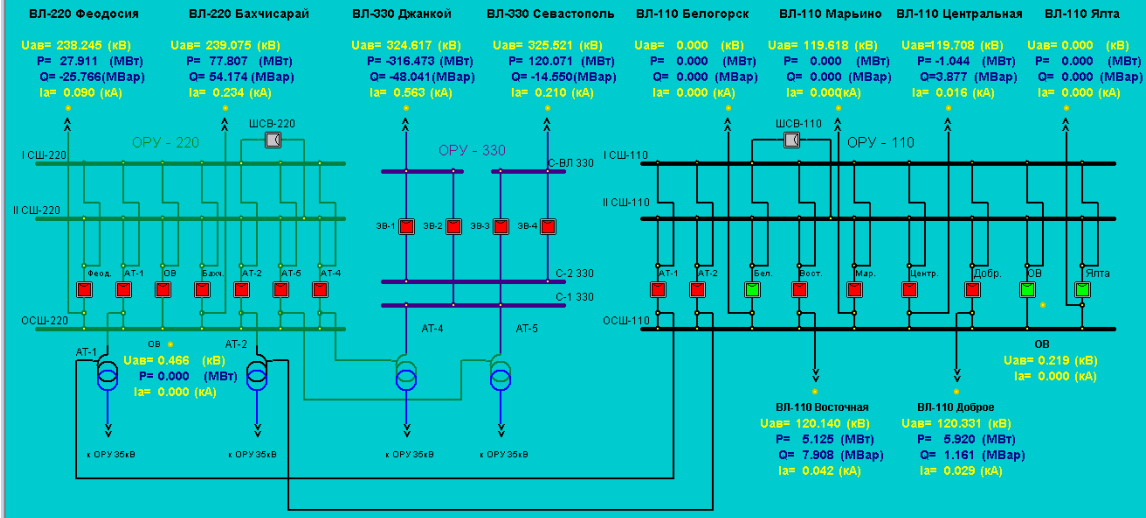


Рис. 4

- сумарний час на вимірювання, обробку та передачу режимних параметрів на ЦДП Кримської ЕС з віддалених об'єктів не перевищує 1 с;
- формування файлів аварійної інформації при відхиленні параметрів за встановлені порогові значення зі зберіганням інформації протягом року;
- відображення на АРМ ПС поточних параметрів з циклічністю 1 с відображення на АРМ ПС (рис. 4);
- надання за запитом заархівованої інформації для виконання необхідного аналізу.

Центральний пристрій моніторингу виконує задачу прийому від ППМ поточної інформації про параметри режимів роботи Кримської ЕС в режимі on line та зареєстрованої інформації про аварійні ситуації в режимі off line і має наступні функції:

- прийом інформації про вектори струму і напруги, дискретної інформації про стан роботи приєднань контрольованих віддалених об'єктів, стан пристроїв ППМ і пристроїв регулювання напруги у форматі IEEEC37.118 або IEC 60870-104;
- обчислення взаємних кутів векторів напруги по кінцях ПЛ контрольованого перетину ОЕС України – Кримська ЕС;
- моніторинг сумарного завантаження перетину ОЕС України – Кримська ЕС за активною потужністю;



Рис. 5

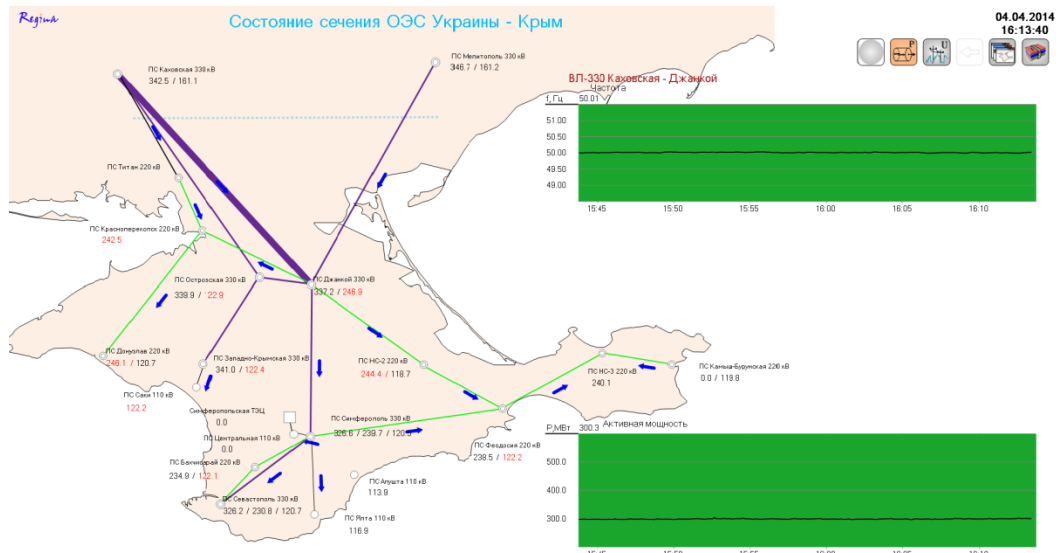


Рис. 6

- розрахунок поточних запасів статичної стійкості в перетині ОЕС України – Кримська ЕС за параметрами кутів порівнюваних векторів напруг і перетокам активної потужності в режимі реального часу;
- динамічне відображення на мнемосхемі ЦДП Кримської ЕС поточного режиму роботи (увімкнені – неактивні приєднань контрольованих ПС, параметрів, що характеризують режим роботи енергосистеми, у тому числі взаємних кутів векторів напруги і поточних значень запасів статичної стійкості, рис. 5);
- відображення у вигляді діаграм і реєстрація сумарної потужності в перерізі ОЕС України – Кримська ЕС, взаємних кутів векторів напруг шин ПС 330 кВ по кінцях ПЛ Новокаховська-Джанкой, Новокаховська-Острівська, Новокаховська-Титан-Красноперекоськ, Мелітополь-Джанкой, а також рівня напруги на шинах 110 кВ контрольованих ПС: Сімферополь, Ялта, Феодосія, Центральна;
- сигналізацію досягнення контрольованими параметрами порогових значень;
- сигналізацію відключень контрольованих зв'язків, рис. 6;

Выбранные параметры регистрации			
ПС Севастополь У/Р/О/П Симфр 324.5 / -120.6 / -8.8 / 0.2 У/Р/О/П Банч 229.6 / -61.0 / -51.4 / 0.2 Р/О/П ПС-10 36.6 / 1.9 / 0.2 Р/О/П Сев ТЗЦ, лев. 40.4 / 13.6 / 0.2 Р/О/П Сев ТЗЦ, прав. 38.3 / 13.3 / 0.2	ПС Сімферополь У/Р/О/П Джанкой 324.9 / -317.7 / -47.8 / 0.6 У/Р/О/П Севаст 325.9 / 120.7 / -14.6 / 0.2 У/Р/О/П Феод 238.4 / 28.1 / -25.5 / 0.1 У/Р/О/П Банч 239.2 / 78.0 / 54.2 / 0.2 Р/О/П Белогорск 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Центр -0.9 / 3.8 / 0.0 Р/О/П Ялта 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Добров 5.8 / 1.2 / 0.0 Р/О/П Марьино 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Восток 1.7 / 0.0 / 0.0	ПС Мелітополь У/Р/О/П Джанкой 345.6 / 335.3 / -6.9 / 0.6 У/Р/О/П ЗетТЭС 0.0 / 0.0 / 0.0 / 0.4 У/Р/О/П Молочанск 347.0 / -131.8 / -28.3 / 0.2	ПС Каховская У/Р/О/П Джанкой 341.8 / 300.0 / 2.4 / 0.5 У/Р/О/П Острівська 343.3 / 0.0 / 0.0 / 0.4 У/Р/О/П ЗетТЭС 343.6 / -228.7 / -36.7 / 0.4 У/Р/О/П КртТЭС 343.5 / -238.1 / -19.8 / 0.4 У/Р/О/П Жерсон 343.1 / -1.8 / 28.4 / 0.1 У/Р/О/П Титан 160.8 / 74.9 / -28.1 / 0.3 У/Р/О/П Кав.ГЭС-1 0.0 / -76.1 / 23.4 / 0.3 У/Р/О/П Кав.ГЭС-2 165.9 / 0.0 / 0.0 / 0.0
ПС Саят Р/О/П З.Кр. лев. -29.0 / -1.5 / 0.1 Р/О/П З.Кр. прав. -28.5 / 0.4 / 0.0 Р/О/П Крымгап 12.6 / -0.1 / 0.1 Р/О/П Жаворонки 25.7 / -7.1 / 0.1 Р/О/П Сиварцово 28.4 / -7.9 / 0.1	ПС Острівська У/Р/О/П Острівська 339.5 / -99.2 / -1.7 / 0.1 Р/О/П Саят лев. 29.0 / 1.1 / 0.0 Р/О/П Саят прав. 28.7 / -0.9 / 0.1 Р/О/П Гелиос 0.0 / -0.5 / 0.0	ПС Джанкой У/Р/О/П Кахов 335.8 / -296.4 / -28.0 / 0.5 У/Р/О/П Мелит 335.6 / -327.0 / -17.7 / 0.6 У/Р/О/П Симфр 336.3 / 324.2 / 39.5 / 0.6 У/Р/О/П Острівська 334.7 / 95.2 / -86.4 / 0.2 У/Р/О/П НС-2 247.0 / 117.2 / 1.2 / 0.0 У/Р/О/П Краснопер. 245.9 / -92.6 / 34.9 / 0.1 У/Р/О/П Марьино 245.6 / 95.1 / 35.9 / 0.0	Острівська У/Р/О/П Кахов 5.2 / 0.0 / 0.0 / 0.0 У/Р/О/П Джанкой 339.5 / -95.0 / 76.2 / 0.2 У/Р/О/П ЗетТЭС 336.6 / 66.6 / -27.8 / 0.1 Р/О/П Зимахо 122.4 / -2.0 / 0.1
Саят ТЗЦ Р/О/П Центр лев. 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Центр прав. 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Почтовое 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Жаворонки 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Севарная 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Родниковое 0.0 / 0.0 / 0.0	ПС Центральная Р/О/П Симфр 6.5 / -3.1 / 0.0 Р/О/П Саят ТЗЦ лев. -34.8 / -6.9 / 0.2 Р/О/П Саят ТЗЦ прав. -33.3 / -6.1 / 0.2 Р/О/П Южная 34.5 / 6.2 / 0.2	ПС Кр. Перекоп У/Р/О/П Титан 241.8 / -81.8 / 50.3 / 0.2 У/Р/О/П Джанкой 242.0 / 32.1 / -43.3 / 0.1 У/Р/О/П Донузл 242.3 / 27.5 / -13.3 / 0.1	Феодосия У/Р/О/П Симфр 237.1 / -27.9 / 3.2 / 0.1 У/Р/О/П НС-2 240.5 / 0.0 / -3.6 / 0.2 У/Р/О/П НС-3 240.0 / 49.3 / -13.3 / 0.1 У/Р/О/П Пеняно 121.5 / 14.3 / -0.6 / 0.1 У/Р/О/П Ст.Крым 121.6 / 32.9 / 14.6 / 0.2
ПС Банчарай У/Р/О/П Севаст 233.1 / 60.8 / 47.2 / 0.2 У/Р/О/П Симфр 233.7 / -77.3 / -55.7 / 0.2 Р/О/П Почтовое -16.5 / 3.9 / 0.1 Р/О/П Мекгоры 8.9 / -6.6 / 0.1	ПС Алушта У/Р/О/П Перев. 113.4 / 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Шадр. 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Лучистое -10.0 / -1.8 / 0.1	ПС Камыш-Бурун У/Р/О/П НС-3 237.0 / -41.7 / -14.4 / 0.1 Р/О/П Карч 0.0 / 0.0 / 0.0 Р/О/П Очистные 13.9 / 3.2 / 0.1 Р/О/П КБТЗЦ 4.0 / 1.5 / 0.0	ПС НС-3 У/Р/О/П Феод 235.1 / -47.2 / 4.3 / 0.1 Р/О/П КамБур 41.2 / 6.5 / 0.1
	ПС Ялта У/Р/О/П Симфр 116.4 / 37.3 / 2.4 / 0.2 У/Р/О/П Дароват 34.2 / 1.7 / 0.2 Р/О/П Гастро 16.9 / 1.1 / 0.1	Донузлав У/Р/О/П Краснопер. 245.0 / -27.2 / 1.6 / 0.1 У/Р/О/П Зимахо 120.1 / -10.5 / 0.6 / 0.1 У/Р/О/П Береговое 120.3 / 25.3 / -5.9 / 0.1	ПС НС-2 У/Р/О/П Феод 241.6 / 99.0 / -2.4 / 0.2 У/Р/О/П Джанкой 243.1 / 116.0 / 6.6 / 0.3 У/Р/О/П Никитгор. 116.0 / 0.0 / 0.0 / 0.0

Рис. 7

- сигналізацію положень засобів регулювання;
- формування бази даних;
- автоматичне формування необхідної інформації та її передачу на рівень НЕК «Укренерго»;
- автоматичне ведення оперативного журналу, журналу аварійних подій і журналу несправностей з фіксацією дати і часу їх виникнення та усунення;
- відображення поточних параметрів режимів роботи Кримської ЕС аналогічно екрану оперативно-інформаційного комплексу (ОІК), встановленого на ЦДП, рис. 7.

Висновок. Під час реалізації на теренах України сучасної системи моніторингу перехідних режимів були реалізовані наступні функції: автоматизований моніторинг загальносистемного та місцевих дефіцитів реактивної потужності; автоматизований моніторинг рівнів напруги в контрольних точках енергосистеми; автоматизований моніторинг стану засобів регулювання напруги в контрольних точках енергосистеми; автоматична реєстрація ненормальних режимів роботи енергосистеми; автоматизований моніторинг завантаження перетину ОЕС України – Кримська ЕС за кутовими співвідношеннями векторів напруг контрольованих ПС та активної потужності ПЛ; автоматичне визначення запасу статичної стійкості в перетині ОЕС України – Кримська ЕС з використанням параметрів кутів векторів напруг і перетоків активної потужності в режимі реального часу.

1. *Панов А.В., Войтов Д.В., Нестриженний М.О.* Деякі практичні питання моніторингу елегазових вимикачів // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАН України, 2013. – Вип. 36. – С. 71–64.
2. *Совалов С.А.* Надежность работы объединенных энергосистем и требования к противоаварийной режимной автоматике // Сб. «Опыт эксплуатации и проектирования устройств противоаварийной режимной автоматики». – М.: Энергия, 1973. – С. 3–47.
3. *Стогний Б.С., Сопель М.Ф., Слынько В.М., Пилипенко Ю.В., Уцаповский К.В., Трофименко С.А.* Контроль метрологических характеристик технических средств системы мониторинга переходных режимов энергосистем в условиях эксплуатации // Техн. електродинаміка. Темат. вип. «Силовая електроніка та енергоефективність». – 2007. – Ч. 1. – С. 78–79.
4. *Стогний Б.С., Уцаповский К.В., Мольков А.Н., Сопель М.Ф., Павловский В.В., Пилипенко Ю.В.* Система глобального мониторинга, синхронизации и регистрации системных параметров ОЭС Украины – основа нового качества автоматизированного и оперативного управления // Энергетика та електрифікація. – 2006. – № 4. – С. 8–11.
5. *Стогний Б.С., Сопель М.Ф., Варський Г.М., Яковлева І.В.* Трифазні вимірювальні канали векторів напруги та струму, їхній вплив на точність вимірювань // Техн. електродинаміка. – 2014. – № 1. – С. 81–87.
6. *Phadke A.G.* Synchronized Phasor Measurements. A Historical Overview // IEEE/PES Transmission and Distribution Conference. – 2002. – Vol. 1. – P. 476–479.

УДК 621.311

Б.С. Стогний, акад. НАН України, **М.Ф. Сопель**, канд. техн. наук, **Г.М. Варський**, канд. техн. наук, **Ю.В. Пилипенко**, канд. техн. наук.

Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Создание региональной системы мониторинга переходных режимов

Подведены итоги работ, которые проводились в отделе автоматизации электрических систем Института электродинамике НАН Украины, описана практическая реализация проекта региональной системы мониторинга переходных режимов работы электроэнергосистем. Бібл. 6, рис.7.

Ключевые слова: региональная система мониторинга, синхронизированные векторные измерения, коррекция погрешностей измерения.

B.S. Stognii, M.F. Sopol, G.M. Varskyi, Yu.V. Pylypenko

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Creation of the regional system of monitoring of transient behaviors

Summed up works which was conducted in the department of automation of the electric systems of Institute of electro-dynamics of NAN of Ukraine, practical realization of project of the regional system of monitoring of transient behaviors of work of electro-grids is described. References 6, figures 7.

Key words: regional system of monitoring, the synchronized vector measurements, correction of a measuring error.

Надійшла 14.05.2014
Received 14.05.2014