

АДАПТИВНА ПРОТИАВАРІЙНА АВТОМАТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

Б.С.Стогній, академік НАН України, **В.М.Авраменко**, докт.техн.наук, **М.Ф.Сопель**, канд.техн.наук, **В.Л.Прихно**, канд.техн.наук

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

e-mail: avr@ied.org.ua

Запропоновано адаптивну протиаварійну автоматизацію забезпечення стійкості енергосистем на мікропроцесорній (МП) основі, яка контролює запас стійкості поточного режиму і визначає керівні дії, необхідні для задоволення нормативних вимог як щодо активної потужності у перетинах, так і щодо напруги у центрах споживання. Сформульовано вимоги до МП протиаварійної автоматики з централізованим формуванням дозованих керівних дій. Бібл. 6.

Ключові слова: електроенергетична система, перетин, статична стійкість, протиаварійна автоматика, мікропроцесорний пристрій, адаптовані керівні дії, векторне вимірювання, цифрова реєстрація.

Широке використання високопродуктивних засобів мікропроцесорної техніки у системах релейного захисту і автоматики електроенергетичних систем створює можливість суттєвого підвищення ефективності автоматичного керування режимом ЕЕС з метою забезпечення необхідного рівня стійкості енергетичних систем та об'єднань. Враховуючи те, що в ОЕС України використовуються ефективні програмні засоби для оцінювання стану (розрахунку поточного електричного режиму ОЕС на основі телеінформації), можна створювати адаптивні системи протиаварійного керування, тобто такі системи, в яких об'єми керівних дій визначаються відповідно до поточного стану енергосистеми.

Нормативний документ «Стійкість енергосистем. Керівні вказівки» [6] передбачає для забезпечення статичної стійкості дотримання запасу стійкості щодо активної потужності у перетині. Для перетинів, через які забезпечується живлення дефіцитних районів, що не мають власних резервів потужності на електростанціях, практично обов'язковим є вимикання частини навантаження у разі аварійного вимкнення лінії у перетині, що призводить до виникнення важкого післяаварійного режиму. Цю функцію виконують пристрої спеціальної автоматики вимикання навантаження (САВН), які встановлюються у центрах споживання енергосистеми.

Ефективність і гнучкість системи протиаварійного керування можна суттєво підвищити застосуванням адаптивної автоматики. В існуючих в ОЕС України системах протиаварійної автоматики (ПА) реалізовано принцип II-ДО, який використовує завчасно виконані розрахунки об'ємів керівних дій відповідно до прогнозованих збурень і прогнозованого стану системи. Використання мікропроцесорної цифрової апаратури створює можливість реалізації принципу I-ДО, згідно з яким виконується постійне коригування об'ємів керівних дій ПА відповідно до поточного стану системи, завдяки чому надійно забезпечується стійкість ОЕС і, разом з тим, мінімізуються вимкнення споживачів, які використовуються як засіб керівної дії ПА [1].

Параметри поточного режиму визначаються Програмним комплексом «КОСМОС» для оцінювання стану ОЕС на основі телевимірювань [3]. Об'єми керівних дій для забезпечення нормативів стійкості визначаються на заданій множині зовнішніх збурень та для заданих траєкторій об'єднання режиму. Заданими є також послідовність (черга) вимикання навантаження пристроями САВН, встановленими у визначених вузлах електричної мережі, і об'єми навантаження, яке вимикає конкретний пристрій. У центральному комплексі ПА формуються сигнали на виконання керівних дій відповідно до сигналу про збурення, яке трапилося в електричній мережі ОЕС.

Розширення зони паралельної роботи Європейської енергосистеми за рахунок синхронізації з енергосистемами України, Росії та інших країн вимагає високоточного вимірювання параметрів режимів роботи кожної енергосистеми, їхньої реєстрації і синхронізації на електроенергетичних об'єктах сигналами точного часу за допомогою системи GPS у єдиному форматі астрономічного часу.

Системний підхід до інформатизації електроенергетичних об'єктів та систем (ЕЕО та ЕЕС) України призвів до створення нового комплексу "Регіна" – апаратно-програмного комплексу (АПК) "Регіна-Ч" [4, 5], який за своїми технічними характеристиками та функціональними можливостями не має аналогів в Україні і не поступається кращим світовим зразкам. Цей комплекс включає функції відомих пристроїв для векторних вимірювань напруг РМУ та виконує ряд інших моніторингових функцій. На основі АПК "Регіна-Ч" в Україні створюється сучасна система глобального моніторингу ОЕС [4] (тут під *глобальністю* системи розуміємо, перш за все, не стільки її *всеохоплюючі* можливості, певну *тотальність*, а те, що одержувана інформація синхронізована завдяки використанню сигналів GPS), яка надає якісно нові можливості щодо удосконалення системи оперативного та автоматичного керування ОЕС України, тим самим забезпечуючи її відповідність вимогам ENTSO-E.

Задачі, пов'язані з аналізом, виконуються в режимі *off-line* на базі одержаної синхронізованої інформації, яка стосується подій, що мали місце.

Виникнення аварійних ситуацій супроводжується перехідними процесами, параметри яких реєструються встановленими в ОЕС України АПК «Регіна-Ч», що утворюють систему моніторингу перехідних процесів WAMS. Зареєстрована інформація надає можливість верифікації динамічних моделей як елементів ЕЕС, так і ЕЕС (ОЕС) у цілому. Завдяки можливості визначення з високою точністю частоти та швидкості її зміни в різних точках ОЕС України з'являється можливість визначення і динамічних характеристик ОЕС.

Задачі, які безпосередньо пов'язані з оперативним керуванням і виконуються в режимі on-line, можна розділити на задачі моніторингу та задачі оцінювання (діагностування) поточних режимів. Завдяки можливості візуалізації інформації щодо поточного режиму ОЕС України, одержаної від систем моніторингу різних ЕЕО, диспетчерський персонал має можливість контролювати та правильно і вчасно його оцінювати. Особливо важливе значення для розв'язання задач оцінювання та діагностування режимів ЕЕС та ОЕС мають синхронізовані виміри фазних кутів напруги, практичне одержання та використання яких із впровадженням АПК «Регіна-Ч» стало можливим.

Створення системи моніторингу ОЕС України на базі АПК «Регіна-Ч» надає можливість на якісно новому рівні вирішувати задачі автоматичного керування ОЕС України з метою забезпечення її стійкості і надійності шляхом розробки адаптивних цифрових систем протиаварійної автоматики.

До складу централізованого комплексу технічних засобів автоматики забезпечення стійкості входять засоби виміру доаварійної інформації, пускові (ПО) і виконавчі (ВО) органи, засоби автоматичного дозування керуючих впливів, пристрої автоматичного запам'ятовування дозування керуючих впливів і пристрої прийому-передачі доаварійної і аварійної інформації, сигналів-команд керування. Інформація про вихідний стан схеми і режим мережі (доаварійна інформація) передається по каналах зв'язку з використанням апаратури телемеханіки, або по інших, спеціалізованих інформаційних каналах. Дискретні сигнали про спрацьовування ПО та дискретні команди на спрацьовування ВО передаються за допомогою пристроїв передачі аварійних сигналів і команд. Пускові органи ПА фіксують аварійні вимкнення та увімкнення ліній 330 кВ у дії ПА.

Централізовані системи ПА, які створюються відповідно до вимог стандарту IEC 61850 на відкриті комунікації, мають швидкодіючу систему збору і обробки доаварійної інформації, надлишковість вимірів, надійні комунікаційні канали передачі сигналів і команд, що зв'язують окремі керуючі й обчислювальні пристрої в єдину технологічну мережу. У централізованій ПА реалізуються модульний принцип побудови технічних і програмних засобів, відкрита масштабована архітектура комплексу та забезпечується розподіл за функціональністю компонентів комплексу, завдяки якому працездатність окремої одиниці обладнання не залежить від стану інших компонентів комплексу. Програмно-технічний комплекс централізованої ПА є відкритим і дозволяє при необхідності здійснювати модифікації схеми ЕЕС, враховувати зміни технологій управління режимами ЕЕС, збільшити обсяг оброблюваної інформації.

Нормативний документ [6] передбачає для визначення запасів статичної стійкості обважнення режиму, в результаті якого досягається граничний за стійкістю режим і фіксується гранична активна потужність у перетині, для якої визначається і нормується K_p – коефіцієнт запасу з активної потужності у перетині.

Організація обважнення перетину здійснюється шляхом перерозподілу потужності між вузлами електричної схеми по різні боки перетину, зокрема, шляхом збільшення навантаження у дефіцитному районі і одночасного збільшення генерації (покриття електростанціями) у районі, де є резерв потужності.

У разі, коли визначений коефіцієнт запасу менше мінімально допустимого за нормативами, слід визначити об'єм керівних дій САВН, який треба виконати, щоб задовольнялися вимоги нормативу. Визначення потрібного об'єму керівних дій (вимикання навантаження) здійснюється поступовим дискретним збільшенням навантаження, яке вимикається, з перевіркою коефіцієнтів запасу K_p і K_u (за напругою), поки нормативні вимоги не будуть задоволені.

Визначення об'ємів вимкнення навантаження (дозованих дій) здійснюється на основі розрахунків після аварійних режимів складних енергосистем, які виконуються за допомогою програми у складі комплексу АВР-74/06 розробки Інституту електродинаміки НАН України [2].

Висновки.

1. Запропоновано протиаварійну автоматику забезпечення стійкості ОЕС України, яка реалізується на основі мікропроцесорної техніки, з використанням інформації про поточний електричний режим, яку дає оцінювання стану енергосистеми на основі телеінформації, завдяки чому мінімізується об'єм вимикання навантаження для підтримання нормативного рівня статичної стійкості ОЕС у перетині.

2. Показано, що АПК «Регіна-Ч» забезпечує суттєве удосконалення протиаварійного керування завдяки використанню в оперативному і автоматичному керуванні ОЕС синхронізованих з високою точністю вимірювань векторів напруги у вузлах електричної мережі.

1. Авраменко В.Н., Прихно В.Л., Линник Е.Н., Кочегаров Ю.И., Нистратов А.Д. Адаптивный программно-аппаратный комплекс для обеспечения устойчивости нагрузки Крымской энергосистемы // Электрические сети и системы. – 2009. – № 5. – С. 13–16.

2. Авраменко В.Н. Модели, методы и программные средства для расчета и анализа переходных режимов и устойчивости ЭЭС // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. – 2007. – Вип. 18. – С. 12–26.
3. Прихно В.Л. Иерархические принципы формирования моделей установившихся режимов на основе телеметрической информации // Техн. електродинаміка. Темат. вип. «Проблеми сучасної електротехніки». – 2006. – Ч.1. – С. 22–27.
4. Стогний Б.С., Ущачовский К.В., Мольков А.Н. 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., Слинко В.М. Створення технічних засобів системи моніторингу перехідних режимів енергосистем та їхнє метрологічне забезпечення // Праці Ін-ту електродинаміки НАНУ. – 2007. – № 1 (16). – С. 16–22.
6. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. – Київ: Міненерговугілля України, 2012. – 35 с.

УДК 621.311.001.18

АДАПТИВНАЯ ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ АВТОМАТИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Б.С.Стогний, академик НАН Украины, **В.Н.Авраменко**, докт.техн.наук, **М.Ф.Сопель**, канд.техн.наук, **В.Л.Прихно**, канд.техн.наук

**Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.**

e-mail: avr@ied.org.ua

Предложена адаптивная противоаварийная автоматика обеспечения устойчивости энергосистем на микропроцессорной (МП) основе, которая контролирует запас устойчивости текущего режима и определяет управляющие воздействия, необходимые для удовлетворения нормативных требований как относительно активной мощности в сечениях, так и относительно напряжения в центрах потребления. Сформированы требования к МП противоаварийной автоматике с централизованным формированием дозированных управляющих воздействий. Библ. 6.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, сечение, статическая устойчивость, противоаварийная автоматика, микропроцессорное устройство, адаптированные управляющие воздействия, векторное измерение, цифровая регистрация.

AN ADAPTIVE EMERGENCY CONTROL AUTOMATICS FOR MAINTENANCE OF POWER SYSTEM STEADY STATE STABILITY

B.S.Stognii, V.M.Avramenko, M.F.Sopel, V.L.Prikhno

**Institute of Electrodynamics of National academy of science of Ukraine,
pr. Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.**

e-mail: avr@ied.org.ua

An adaptive emergency control automatics is proposed for maintenance of power systems stability, which is based on microprocessors (MP) and controls the stability margin of the current state and determines the control actions, which are necessary to meet normative requirements as to the active power in the cross sections and so to the voltage at the centers of consumption. Demands to MP emergency control system with centralized formation of dosage control actions are formed. References 6.

Key words: electric power system, the cross section, the steady state stability, emergency control, microprocessor unit, adapted control actions, vector measurement, digital recording.

1. Avramenko V.N., Prikhno V.L., Linnik E.N., Kochegarov Yu.I., Nistratov A.D. Adaptive software and hardware of maintenance EPS stability of the load of Crimean power system // Elektricheskie seti i sistemy. – 2009. – № 5. – Pp. 13–16. (Rus)

2. Avramenko V.N. Models, methods and tools for calculation and analysis of transients and steady state EPS stability // Pratsi Instytutu elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy. – 2007. – № 18. – Pp. 12–26. (Rus)

3. Prikhno V. The principles of hierarchical models of steady states based on telemetry data // Tekhnichna Elektrodynamika. Tematychnyi vypusk "Problemy Suchasnoi Elektrotekhniki." – 2006. – Part 1. – Pp. 22–27. (Rus)

4. Stognii B.S., Ushchapovskii K.V., Molkov A.N. Global Monitoring, the synchronization and registration of system parameters UPS of Ukraine is the basis of a new quality of the automated and operational management // Enerhetyka ta Elektryfikatsiia. – 2006. – № 4. – Pp. 8–11. (Rus)

5. Stognii B.S., Sopel M.F., Slynko V.M. Creation of technical facilities of monitoring transition regimes of power systems and their metrological support // Pratsi Instytutu elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy. – 2007. – № 1(16). – Pp. 16–11. (Ukr)

6. *The power stability Guidelines.* – Kyiv: Minenerhovuhillia Ukrainy, 2012. – 35 p. (Ukr)

Надійшла 10.02.2014